

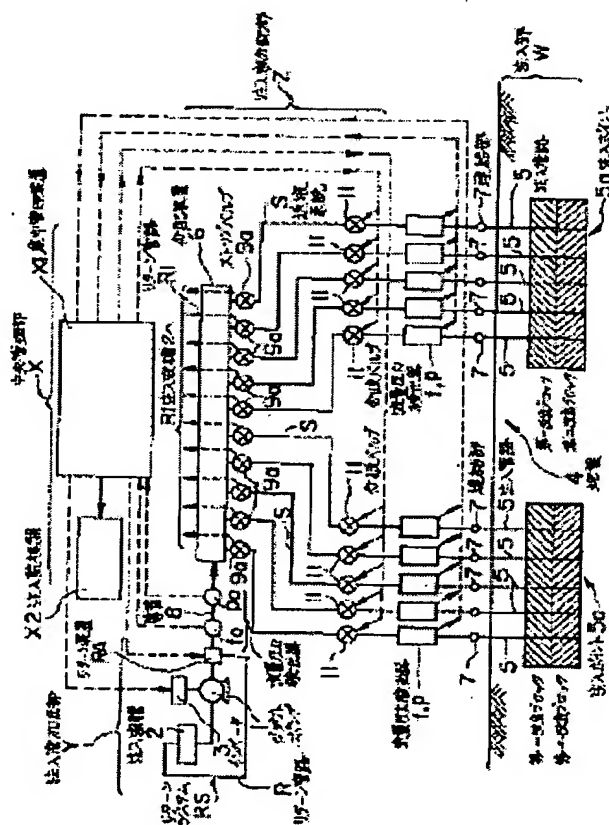
INJECTION CONTROL METHOD, DEVICE AND GROUND INJECTION CONSTRUCTION METHOD

Patent number: JP2002256542
Publication date: 2002-09-11
Inventor: SHIMADA SHUNSUKE; YAGUCHI SADAHIRO
Applicant: KYOKADO ENG CO.; HARA KOGYO KK
Classification:
 - international: E02D3/12
 - european:
Application number: JP20010053656 20010228
Priority number(s): JP20010053656 20010228

Report a data error here

Abstract of JP2002256542

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an injection control method of the ground, a device, and a ground injection construction method for controlling injection by collectively monitoring an injection state by displaying the injection state from injection liquid sending systems on an image screen when injecting a ground injection liquid into a plurality of injection points in the ground through a plurality of injection liquid sending systems from an injection liquid pressurizing part.
SOLUTION: This device has a centralized control device X1 and an injection monitoring board X2 connected to this device, and when injecting the ground injection liquid into the plurality of injection points 5a in the ground through the plurality of injection liquid sending systems S, S, etc., S having respectively a branch valve 11 and flow rate-pressure detectors f and p from the injection liquid pressurizing part Y, a flow rate and pressure of the injection liquid detected by the flow rate-pressure detectors f and p and/or a data signal of an integral injection quantity are inputted to the centralized control device X1, the data signal inputted to the centralized control device X1 is displayed on the image screen of the injection monitoring board X2, and the injection state from the injection liquid sending systems S is collectively monitored on the image screen on the basis of information on these data to control the injection.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-256542
(P2002-256542A)

(43) 公開日 平成14年9月11日 (2002.9.11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
E 0 2 D 3/12	1 0 1	E 0 2 D 3/12	1 0 1 2 D 0 4 0

審査請求 有 請求項の数38 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2001-53656(P2001-53656)

(22) 出願日 平成13年2月28日 (2001.2.28)

(71) 出願人 000162652
強化土エンジニアリング株式会社
東京都文京区本郷2丁目15番10号 第2大平ビル

(71) 出願人 591247798
原工業株式会社
東京都北区赤羽南2丁目13番8号

(72) 発明者 島田 俊介
東京都文京区本郷2-15-10 強化土エンジニアリング株式会社内

(74) 代理人 100070758
弁理士 染谷 仁

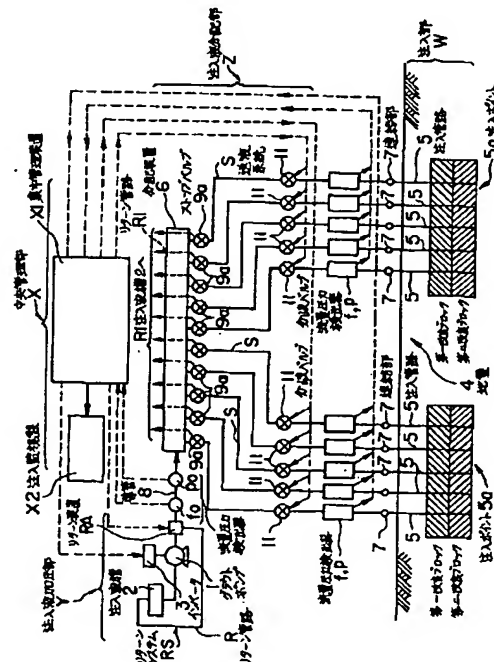
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 注入管理方法、装置および地盤注入工法

(57) 【要約】

【目的】 地盤注入液を注入液加圧部から複数の注入液送液システムを通して地盤中の複数の注入ポイントに注入するに際し、注入液送液システムからの注入状況を画面表示し、一括監視を行なって注入管理する地盤の注入管理方法、装置および地盤注入工法を得る。

【構成】 集中管理装置 X 1 およびこの装置に連結された注入監視盤 X 2 を備え、地盤注入液を注入液加圧部 Y から、分岐バルブ 11 および流量圧力検出器 f、P をそれぞれ有する複数の注入液送液システム S、S・・・S を通じて地盤中の複数の注入ポイント 5 a に注入するに際し、流量圧力検出器 f、P により検出された注入液の流量、圧力および/または積算注入量のデータ信号を集中管理装置 X 1 に入力してなり、さらに注入監視盤 X 2 に集中管理装置 X 1 に入力された前記データ信号を画面表示してなり、これらデータの情報に基づき、注入液送液システム S からの注入状況を画面上で一括監視し、注入を管理することから構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 地盤注入液を注入液加圧部から複数の注入液送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入するに際し、複数の注入液送液系統に流量圧力検出器を設け、これら検出器から検出された注入液の流量および／または圧力データを注入監視盤を備えた集中管理装置に送信し、注入液送液系統からの注入状況を前記注入監視盤の画面に表示し、一括監視を行って注入管理することを特徴とする注入管理方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、複数の注入液送液系統はそれぞれ注入液加圧部から分岐してなる請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、複数の注入液送液系統はそれぞれ独立した複数の注入液加圧部に通じる請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 4】 請求項 1 において、複数の注入液送液系統は、単一の駆動体によって複数のポンプのピストン駆動体を同時に駆動する注入液加圧部のそれぞれのポンプに連通する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 5】 請求項 1 において、前記集中管理装置に所望の範囲の注入圧力および／または流量を予め設定しておき、前記注入液送液系統からの注入が上記設定範囲を維持するように注入管理する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 6】 請求項 5 において、流量は単位時間当たりの流量ないしは積算流量である請求項 5 に記載の注入管理方法。

【請求項 7】 請求項 1 において、前記集中管理装置に所望の範囲の注入圧力および／または流量を予め設定しておき、注入液送液系統からの注入が前記設定範囲に達したときに、または前記設定範囲を越えたときに注入液の注入を停止または完了するようにした請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 8】 請求項 1 において、注入液加圧部にリターン装置を有するリターンシステムおよび／またはインバータを有するグラウトポンプ、および流量圧力検出器を備え、流量圧力検出器で検出された注入液の流量および／または圧力データを集中管理装置に送信し、集中管理装置ではこれらデータに基づきリターン装置またはインバータを制御することにより、注入液を所望の圧力に保持して注入液送液系統に送液する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 9】 請求項 1 において、注入液加圧部に流量圧力制御装置を備え、この装置により注入液を所望の圧力に保持して注入液送液系統に送液する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 10】 請求項 1 において、注入液加圧部は流量圧力制御装置を備え、かつ注入液送液系統は分岐バルブおよび流量圧力検出器を備え、さらに集中管理装置に所望の範囲の注入圧力および／または流量を予め設定し

ておき、前記圧力流量制御装置および分岐バルブのうちのいずれか一方または両方を調整することにより上述設定範囲を維持するようにした請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 11】 請求項 1 において、集中管理装置に所望の範囲の注入圧力および／または流量を予め設定しておき、注入液送液系統からの注入に際して、前記設定範囲の少なくとも一つに達したとき、あるいは越えたとき、新たな設定値を設けて注入を行なうようにした請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 12】 請求項 1 において、集中管理装置に所望の範囲の注入圧力および／または流量を予め設定しておき、注入液送液系統からの注入に際して、前記設定範囲の少なくとも一つに達したとき、あるいは越えたとき、手動に切り換えてさらに注入を行なうようにした請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 13】 請求項 1 において、注入監視盤に、時データ、場所データ、および注入圧力および／または流量にかかわる注入データを画面表示して注入管理する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 14】 請求項 1 において、集中管理装置に時データ、場所データ、および注入圧力および／または流量にかかわる注入データを記録し、これにもとづいて注入日報を作成するようにした請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 15】 請求項 1 において、集中管理装置に影響データおよび／または注入液データを送信し、画面表示して注入管理する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 16】 請求項 1 において、集中管理装置にパッカ用流体圧入データを送信し、画面表示して注入管理する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 17】 請求項 1 において、注入領域における複数の注入ポイントの注入圧力および／または流量に関する情報を注入監視盤に面表示あるいは三次元的表示する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 18】 請求項 1 において、注入領域の地盤ないしは構造物には変位センサが設けられ、この変位センサからの情報を集中管理装置に送信し、地盤ないしは構造物の変位状況ならびに注入液の浸透固結状況を把握する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 19】 請求項 18 において、注入領域または注入領域付近の地盤変位ないしは構造物の変位についてあらかじめ設定範囲を定めてなる請求項 18 に記載の注入管理方法。

【請求項 20】 請求項 1 において、複数の注入液送液系統には注入液か、非注入液かを識別する識別センサが設けられ、前記識別センサからの情報を集中管理装置に送信し、地盤中に注入された注入液の流量を非注入液と区別して把握する請求項 1 に記載の注入管理方法。

【請求項 21】 地盤注入液を注入液加圧部から複数の

注入液送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入するに際し、地盤の所定注入領域に代表的注入ポイントを一ポイントまたは複数ポイント設定し、この代表的注入ポイントの位置する各注入ステージにおける適切な圧力および／または流量を測定し、得られた値の適切な範囲を注入監視盤を備えた集中管理装置に設定し、この設定範囲に基づいて所定の注入領域における各注入ステージでの注入を行なうことを特徴とする注入管理方法。

【請求項22】 請求項21において、各注入ステージにおける適切な圧力および／または流量の範囲は流量圧力制御装置で注入圧力および／または流量を測定することにより設定される請求項21に記載の注入管理方法。

【請求項23】 請求項21において、各注入ステージにおける適切な圧力および／または流量の範囲は注入試験によって得られた設定範囲に実際の注入による測定値を加味して補正することにより設定される請求項21に記載の注入管理方法。

【請求項24】 集中管理装置およびこの装置に連結された注入監視盤を備え、地盤注入液を注入液加圧部から、流量圧力検出器を有する複数の注入液送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入するに際し、前記流量圧力検出器により検出された注入液の注入圧力および／または流量のデータ信号を前記集中管理装置に入力してなり、さらに前記注入監視盤に集中管理装置に入力された前記データ信号を画面表示して複数の注入液送液系統からの注入状況を一括監視し、注入を管理することとを特徴とする注入管理装置。

【請求項25】 請求項24において、流量は単位時間当たりの流量ないしは積算流量である請求項24に記載の注入管理装置。

【請求項26】 請求項24において、集中管理装置は日報作成装置を備え、集中管理装置に記録されたデータに基づいて注入日報を作成する請求項24に記載の注入管理装置。

【請求項27】 請求項24において、複数の注入液送液系統には、注入液か、非注入液かを識別する識別センサが設けられ、前記識別センサからの情報を集中管理装置に送信し、地盤中に注入された注入液の流量を非注入液と区別して把握する請求項24に記載の注入管理装置。

【請求項28】 請求項24において、注入監視盤には注入領域における複数の注入ポイントの注入圧力および／または流量に関する情報を面表示あるいは三次元表示する請求項24に記載の注入管理装置。

【請求項29】 地盤注入液を注入液加圧部から複数の注入液送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入する地盤注入工法において、複数の注入液送液系統にそれぞれ流量圧力検出器を設け、これら検出器から検出された注入液の注入圧力および／または流量のデータ

を注入監視盤を備えた集中管理装置に送信し、これらデータを注入監視盤に画面表示することにより注入状況の一括監視を行なって、送液系統におけるそれぞれの注入圧力および／または流量を所定の範囲に維持しながら注入するとともに、上記データの情報に基づき、注入の完了、中止、継続あるいは再注入を行なうことを特徴とする地盤注入工法。

【請求項30】 請求項29において、注入対象地盤を複数の注入区分に分割して順次注入するようにした請求項29に記載の地盤注入工法。

【請求項31】 請求項29において、前記注入監視盤に面的ないしは三次元的画面表示を行なうことにより、注入圧力および／または流量の少なくとも一つの設定範囲を満たしていない部分を見出し、その部分に再注入する請求項29に記載の地盤注入工法。

【請求項32】 請求項29において、複数の地盤注入液を別々の送液系統で送液し、合流して地盤中に注入するか、あるいは別々に地盤中で反応させる請求項29に記載の地盤注入工法。

【請求項33】 請求項29において、前記複数の注入液送液系統は次の(a)、(b)または(c)からなる請求項29に記載の地盤注入工法。

(a) 注入液加圧部からそれぞれ分岐する。

(b) 独立した複数の注入液加圧部にそれぞれ連通する。

(c) 単一の駆動体によって複数のポンプのピストン駆動体を同時に駆動する注入液加圧部のそれぞれのポンプに連通する。

【請求項34】 請求項29において、注入すべき対象地盤を複数の注入ポイントを含む以下の一種または複数種の注入区分に分別し、順次に注入するようにした請求項29に記載の地盤注入工法。

(1) 浸透性の大きな注入区分から浸透性の小さな注入区分の順に注入して地盤を改良する。

(2) 注入液が逸脱しやすい注入区分から注入液の逸脱しにくい注入区分の順に注入して地盤を改良する。

(3) 地下水を周辺に押し出す方向の注入区分の順に注入して地盤を改良する。

(4) 先行して注入する注入区分が、あとから注入する注入区分を拘束する順に注入して地盤を改良する。

【請求項35】 請求項29において、複数の注入液送液系統は軸方向の異なる位置に吐出口を有する細管を結束してなる注入管を複数本地盤中に設置した注入管路に連結してなる請求項29に記載の地盤注入工法。

【請求項36】 請求項29において、集中管理装置で一つの注入区分の注入の完了が確認されると、次の注入区分への注入が指示される請求項29に記載の地盤注入工法。

【請求項37】 請求項29において、地盤注入液が(a)水ガラス中のアルカリの一部または全部を除去し

て得られるシリカ溶液を主材とした注入液、(b)水ガラスのアルカリを酸で中和して得られる非アルカリ領域のシリカ溶液を主材とした注入液、(c)コロイダルシリカを主材とした注入液、(d)水ガラスのアルカリの一部または全部を除去して得られるシリカ溶液に水ガラスおよび／またはコロイダルシリカを添加してなるシリカ溶液を主材とした注入液、(e)水ガラスと、コロイダルシリカと、反応剤とを混合してなるシリカ溶液を主材とした注入液、(f)懸濁性注入液、(g)水ガラス水溶液と多価金属化合物を別々の注入液送液系統から別々に地盤中に注入して地盤中で反応させる注入液、

(h)水ガラス水溶液と反応剤水溶液を別々の注入液送液系統で送液して合流し、地盤に注入する注入液、の群から選択される請求項29に記載の地盤注入工法。

【請求項38】 請求項29において、注入領域の所定の位置に排水材を設置し、注入に際して地下水を逃がすか、あるいは排水材による地下水の脱水を併用して注入液の浸透を誘導する請求項29に記載の地盤注入工法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は液状化防止工事や、大規模工事における急速施工のための地盤改良等、大容量土の地盤改良に係り、詳細には、改良すべき地盤に複数の注入管路を設置し、これら複数の注入管路から注入液を同時に、あるいは選択的に注入する際に、複数の注入管路からの注入を同時に管理する注入管理方法、装置および地盤注入工法に関する。

【0002】

【従来の技術】地盤中に注入液を注入して該地盤を改良する地盤改良技術として、従来、注入すべき地盤に一本ないしは複数本の注入管を設置し、これら注入管を一本づつ下方から上方に引き上げ、あるいは上方から下方に押し下げて注入ステージを移行しながら注入する方法が知られている。

【0003】この注入に用いられる装置は図28に示されるように、ミキサー102、グラウトポンプ104、流量計105、圧力計106および注入ロッド109を備え、予め定められた薬液101の1液または2液をミキサー102で製造し、この薬液101を導管103に配置されたグラウトポンプ104、流量計105（積算）、圧力計106および注入ホース107を経て、地盤108中に設置された注入ロッド109から地盤108中に注入する。このとき流量計105および圧力計106で検出された流量値および圧力値は記録計110によりチャートとして記録され、管理される。

【0004】

【発明が解決すべき課題】上述従来の注入管理法では、流量の変化、あるいは圧力の変化が起こった場合、この変化を調整するためにはグラウトポンプ4の吐出量を調整する必要がある。しかし、この場合、流量計の監視、グラウトポンプの吐出量の調整等、十分な経験に基づく

人為的管理を必要とし、しかもこの管理は一セット毎に必要であった。

【0005】ところで、一般に、注入すべき対象地盤は大方、軟弱な沖積層であって、透水性の異なる土層が積層して構成されている。このため、注入ステージを移行させながら、それぞれの土層に最適な注入を行わなければ十分な注入効果は得られなかった。しかし、層毎に最適な注入圧、注入速度、注入量、注入率等による注入を達成することは極めて煩雑であって、長時間を必要とし、不経済となり、実質的に不可能であった。

【0006】しかも、注入中に注入液が上下方向、あるいは水平方向に逸脱したり、さらには、各ステージの地盤条件が注入の進行につれて経時的に変化したり等の条件変化も起こり、これらは確実な注入効果を達成する上で障害となっていた。

【0007】また、大型工事の場合、従来では、図28の装置を何セットも用いて注入する。この場合、各装置はそれぞれ別々に注入管理を必要とするので、経済性は得られないのみならず、繁雑になり、適切な注入管理が困難である。また、一本の注入に対する情報を全体の注入に有機的に反映させることも困難であった。

【0008】さらに、急速施工による経済性を得るために、複数の注入管を地盤中に設置し、これら複数の注入管を通して一つの注入ポンプから注入液を地盤中に同時注入する工法も提案されている。

【0009】しかし、この方法では、注入対象地盤を急速に、均質に、しかも自動的に、かつ確実に地盤改良するには未だ至っていない。この理由は多数の注入管を地盤中に設置して各注入管に一定量の注入液を送液しても、注入液は地盤中で勝手に分散してしまい、均質な固結が困難であること、さらには、多数の注入管を駆使して注入効果を得るには必要な、かつ組織的な操作が困難であって、注入操作そのものに混乱を来し、結果として作業性も、効果の確実性をも得ることができない点にあった。

【0010】一般に、従来の注入工法では、注入管ピッチを0.8m～1mとし、また注入ステージについては0.25～0.5mを一単位として注入土量1m³当たり3001～4001、経済性を考慮して注入速度8～20l/分の注入量で注入することを基本としていた。しかし、実際の地盤では、注入液を地盤破壊を起こさずに土粒子間浸透させるためには、注入速度を8l/分以下、例えば1～5l/分にしなければならないことが多い。しかし、従来の一つの注入ポイントに対して一つの注入ポンプで注入する方式では、このような注入速度では経済的に不可能であった。

【0011】一方、近年、液状化防止工事等、大容量土の地盤改良の急速施工が要求されるようになった。この場合、経済性の点から注入孔間隔を広くとって一本の注入管から大量の注入液を長時間にわたって注入すること

が必要である。すなわち、液状化防止工事では、経済性の点から注入孔間隔を1.5～4mとせざるを得ない。

- (1) 注入管の埋設間隔 $P = 2\text{m} \times 2\text{m}$ の正方形配置
- (2) 注入速度 $f = 20\text{l}/\text{分}$
- (3) 注入管1孔当り改良平面積は $A_p = 2\text{m} \times 2\text{m} = 4\text{m}^2$ であり、
- (4) 1ステージ当り改良土量 (m^3) を
 $V = 2\text{m}$ (1ステージ当りの改良厚さ) $\times 4\text{m}^2 = 8\text{m}^3$ とすると、
- (5) 1ステージ当り注入量 (kl)
 $Q = V \times (0.35 \sim 0.04) = 8 \times (0.35 \sim 0.04) \text{m}^3$
 $= 2.8\text{m}^3 \sim 3.2\text{m}^3 = 3.0\text{m}^3$ (平均)
 (0.35～0.04: 注入率、すなわち、改良土量1 m^3 当りの注入薬液の比率)
- (6) 1ステージ当り注入時間
 $t_1 = 3\text{kl} \div 0.02\text{kl}/\text{分} = 150\text{分}$
 $= 2.5\text{時間}$ (注入継続時間)

と長時間による注入を行わなくてはならない。この場合、毎分の注入流量を5l/分とすると、上述の4倍の注入時間、すなわち、10時間を必要とする。

【0013】同じく、注入孔間隔を4mの正方向配置にする場合、

$A_p = 4\text{m} \times 4\text{m} = 16\text{m}^2$ 、
 1ステージの改良土量は、
 $V = 2\text{m}$ (改良厚さ) $\times 16\text{m}^2$ 、
 $= 32\text{m}^3$
 1ステージ注入量 (kl) は
 $Q = V \times (0.35 \sim 0.04)$
 $= 32 \times (0.35 \sim 0.04)$
 $= 11.2 \sim 12.8\text{kl} \approx 12\text{kl}$ (平均) であり、
 注入速度 $f = 20\text{l}/\text{分}$ とすると、
 1ステージ当り注入時間
 $t = 12\text{kl} \div 0.02\text{kl}$
 $= 600\text{分}$
 $= 10\text{時間}$ である。この場合、毎分の注入流量を5l/分とすると、上述の4倍の注入時間、すなわち、40時間を必要とする。

【0014】ところが、このような注入では注入に長時間を要するため、また、一本当りの注入受け持ち範囲が広いため、注入液は分散して地表面や周辺に逸脱しやすく、均質な注入効果が得られにくい。また、長時間にわたる注入中に土中でゲル化が進行し、このため地盤の注入条件が変化してしまい、注入効果も不確実になる。さらにまた、長時間の注入作業を要するため、施工期間が長くなるのみならず、施工期間中、その区域の利用が不可能になる。これを防ぐため、注入孔間隔を狭くすると、1ステージ当たりの注入量は少なくなり、かつ注入時間も短くなるものの、多数の注入孔を削孔しなくてはならず、工期が非常に長くなる。

【0015】そこで、本発明の目的は地盤注入液を注入液加圧部から複数の注入液送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入するに際し、注入液送液系統が

【0012】例えば、注入孔間隔を2mの正方向配置にする場合、

$P = 2\text{m} \times 2\text{m}$ の正方形配置
 $f = 20\text{l}/\text{分}$
 $A_p = 2\text{m} \times 2\text{m} = 4\text{m}^2$ であり、
 $V = 2\text{m}$ (1ステージ当りの改良厚さ) $\times 4\text{m}^2 = 8\text{m}^3$ とすると、
 $Q = V \times (0.35 \sim 0.04) = 8 \times (0.35 \sim 0.04) \text{m}^3$
 $= 2.8\text{m}^3 \sim 3.2\text{m}^3 = 3.0\text{m}^3$ (平均)
 (0.35～0.04: 注入率、すなわち、改良土量1 m^3 当りの注入薬液の比率)
 (6) 1ステージ当り注入時間
 $t_1 = 3\text{kl} \div 0.02\text{kl}/\text{分} = 150\text{分}$
 $= 2.5\text{時間}$ (注入継続時間)

らの注入状況を画面表示し、一括監視を行なって注入管理するとともに、注入ポイント当たりの毎分吐出量を少なくして土粒子間浸透を可能にし、かつ多数の注入ポイントから同時に注入することにより大量の注入を達成して大容量土の経済的地盤改良を可能にし、上述の公知技術に存する欠点を改良した地盤の注入管理方法、装置および地盤注入工法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するため、本発明の注入管理方法によれば、地盤注入液を複数の注入液送液系統から複数の異なる注入ポイントにそれぞれ同時に注入するに際し、複数の注入液送液系統に流量圧力検出器を設け、これら検出器から検出された注入液の流量および/または圧力データを注入監視盤を備えた集中管理装置に送信し、注入液送液系統からの注入状況を前記注入監視盤の画面に表示し、一括監視を行って注入管理することを特徴とする。

【0017】さらに、上述の目的を達成するため、本発明の注入管理方法によれば、地盤注入液を注入液加圧部から複数の注入液送液系統を通し地盤中の複数の注入ポイントに注入するに際し、地盤の所定注入領域に代表的注入ポイントを一ポイントまたは複数ポイント設定し、この代表的注入ポイントの位置する各注入ステージにおける適切な圧力および/または流量を測定し、得られた値の適切な範囲を注入監視盤を備えた集中管理装置に設定し、この設定範囲に基づいて所定の注入領域における各注入ステージでの注入を行うことを特徴とする。

【0018】さらにまた、上述の目的を達成するため、本発明の注入管理装置によれば、集中管理装置およびこの装置に連結された注入監視盤を備え、地盤注入液を注入液加圧部から、流量圧力検出器を有する複数の注入液送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入するに際し、前記流量圧力検出器により検出された注入液の注入圧力および/または流量のデータ信号を前記集中管理装置に入力してなり、さらに前記注入監視盤に集中

管理装置に入力された前記データ信号を画面表示して複数の注入液送液系統からの注入状況を一括監視し、注入を管理してなることを特徴とする。

【0019】さらに、上述の目的を達成するため、本発明の地盤注入工法によれば、地盤注入液を注入液加圧部から複数の注入液送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入する地盤注入工法において、複数の注入液送液系統にそれぞれ流量圧力検出器を設け、これら検出器から検出された注入液の注入圧力および／または流量のデータを注入監視盤を備えた集中管理装置に送信し、これらデータを注入監視盤に画面表示することにより注入状況の一括監視を行なって、送液系統におけるそれぞれの注入圧力および／または流量を所定の範囲に維持しながら注入するとともに、上記データの情報に基づき、注入の完了、中止、継続あるいは再注入を行なうことを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の態様】以下、本発明を添付図面を用いて具体的に詳述する。

【0021】図1は本発明にかかる注入管理方法、装置および地盤注入工法のそれぞれ一具体例を説明するためのフローシートであって、中央管理部X、注入液加圧部Y、注入液分配部Zおよび注入部Wから主に構成される。

【0022】図1において、地盤4中に注入すべき注入液は注入液加圧部Yの注入液槽2から導管8に導入され、グラウトポンプ1で加圧されて加圧注入液として導管1を通して注入液分配部Zに送液される。中央管理部Xには注入監視盤X2を備えた集中管理装置X1を必須として包含する。グラウトポンプ1は集中管理装置X1からの指示を受け、注入液を所望の圧力に加圧する。グラウトポンプ1はインバータ3または無断変速機を有するポンプ、あるいはリターン装置RAを有するポンプであってもよい。インバータ3や無断変速機は集中管理装置X1からの指示を受けなくても、直接流量を調整して所定の圧力値にセットすることもできる。また、リターン装置RAも直接調整して導管8の圧力が所望の圧力を保つようにリターンさせることもできる。なお、上述の調整は手動で行なってもよい。

【0023】リターン装置RAは図1に示されるように、集中管理装置X1からの指示を受けて導管8の流体圧が所望の圧力になるようにリターン管路Rへの注入液のリターン量を自動調整する。しかし、図3に示されるように、集中管理装置X1とは独立した流量圧力制御装置10を設け、これにより導管8の流体圧が所定の圧力を保持するようにリターン量を自動調整してもよい。

【0024】これを図8を用いて詳述すると、流量圧力制御装置10には導管8側の所望の圧力ないしは流量が設定される。そして、注入液は注入液加圧部Yの注入液槽2から導管8を通して分配装置6に向かう。このとき、

導管8では、圧力計P0および／または流量計f0により注入液の圧力ないしは流量が測定される。このデータは流量圧力制御装置10に送信されるとともに、流量圧力制御装置10では、このデータに基づく信号をリターン装置10に送信する。リターン装置10では、この信号を受け、リバーシブルモータ13のシャフト12を矢印方向に、上下に正逆移動し、リターン管路R開口部の面積を調整してリターン管路Rへの注入液のリターン量を調整し、導管8側の圧力ないしは流量を所望の設定値とする。

【0025】また、図1のグラウトポンプ1に代えて、図2に示されるように、コンプレッサ3を用いることもできる。この場合、図2に示されるように、注入液槽2からの注入液をまず、加圧容器3Aに充填し、次いでコンプレッサ3の作動により加圧容器3A中の注入液を加圧して加圧注入液とする。なお、本発明において、流量とは単位時間、例えば1分当たりの注入流量ないしは注入時間における注入流量の合計（積算流量）をいう。

【0026】注入液分配部Zは複数の送液系統S、S・・・Sを備える。これら複数の送液系統S、S・・・Sはそれぞれ注入液加圧部Yから分配装置6を通して分岐され、先端に連結部7、7・・・7を有し、この連結部7、7・・・7で地盤4に埋設された注入部Wの注入管路5、5・・・5と連結される。そして加圧部Yからの加圧注入液は分配装置6を介して各送液系統S、S・・・Sに分配され、注入管路5を通して地盤4中の複数の異なる注入ポイント5aにそれぞれ同時に注入される。ここで、異なる注入ポイント5aは異なる注入管路5、5・・・5の地盤4中の開口部であることはもちろんのこと、図示しないが、同一注入管路5の異なる注入ステージにおける開口部であることもできる。9aはストップバルブであって、各送液系統S、S・・・Sに取りつけられる。このストップバルブ9aは注入が完了した時点で手動により送液系統Sを閉鎖することもでき、また、図示しないが、集中管理装置X1からの電気信号によって自動的に開閉される。また、三方コックを用い、送液終了後、送液系統Sに洗浄水を通して送液系統S内を洗浄する際に吸水口として使用される。さらに、注入が完了した送液系統Sの注入液を注入液槽2へリターンさせるときにも使用される。

【0027】なお、分配装置6には図示しないが攪拌装置を備えることもできる。また、各送液系統S、S・・・Sは分配装置6を経ずに、直接注入液加圧部Yの導管8から分岐することもできる。さらに図示しないが、複数の送液系統S、S・・・Sはそれぞれ独立した注入液加圧部Yに連結することもできる。独立した複数の注入液加圧部としては複数の注入液ポンプであってもよく、また、単一の駆動体によって同時に駆動する複数のポンプのピストン駆動体を駆動する注入液加圧部であって、複数の送液系統がそれぞれ複数のポンプに連通したものであることもできる。この場合、複数の注入ポ

ンプと複数の送液系統の注入ポイントにおける注入が 1:1 で対応して注入され、この複数の注入ポイントの注入データが集中管理装置 X 1 の注入監視盤 X 2 で画面表示され、一括監視で注入管理される。

【0028】ここで、図 1 におけるリターン装置 RA を説明する。注入液加圧部 Y の導管 8 に設けた流量圧力検出器 f_0 、 P_0 から検出された注入液の流量信号ないしは圧力信号は集中管理装置 X 1 に送信される。集中管理装置 X 1 はこれら信号に基づき、あらかじめ設定された導管 8 内圧力（分配装置 6 内圧力に相当）になるようにリターン装置 RA に指示してリターン管路 R に注入液を分流するか、あるいはインバータ 3 に指示してグラウトポンプ 1 を制御することにより、送液系統 S への送液を所望の設定値の瞬時流量および／または圧力に維持する。

【0029】なお、図 1 の注入液加圧部 Y において、リターンシステム RS および流量圧力検出器 f_0 、 P_0 の代わりに、図 3 に示すように、流量圧力制御装置 10 を中央管理部 X の集中管理装置 X 1 から独立して、すなわち、図 1 のように集中管理装置 X 1 と接続せずに用い、これにより注入液を所望の瞬時流量ないしは圧力に維持することもできる。この場合、図 8 に示すように、リターンシステム RS は集中管理装置 X 1 からの指示によらずとも、流量圧力制御装置 10 によって設定した送液圧力になるように、リターンシステム RS を制御することができる。

【0030】本発明に用いられる図 1、図 3 等に示される分岐バルブ 11 は分配装置 6 から分岐した複数の送液系統 S、S・・・S にそれぞれ設けられた所定の口径、あるいは口径を調整し得る流路部分をいう。すなわち、一定の口径からなるオリフィスの例、あるいは口径の絞りを調整し得る絞り調整装置の例等が一例として挙げられる。いずれにせよ、分岐バルブの上流側の注入液は注入液加圧部 Y によって、下流側よりも高い圧力を保持し、注入管路に送液され得る機能をもつ。図 1 の分岐バルブ 11 では、図 9 に示されるように、集中管理装置 X 1 からの電気信号によってリバーシブルモータ 13 のシャフト 12 が正逆方向、すなわち矢印方向に移動され、図 8 と同様に注入液加圧部 Y から注入管路 5 に流れる送液系統 S 中

の注入液の流量を調整する。このような絞り調整可能な分岐バルブ 11 でも、一定の口径のオリフィスと、圧力ないしは流量の関係についての原理は同じである。図 1 における分岐バルブ 11 は絞り調整のできない、図 11 のような一定口径のオリフィス O であってもよい。

【0031】ここで、図 1 および図 3 の注入液加圧部 Y における注入液の圧力 P_0 と、送液系統 S におけるオリフィス O を通して注入管路 5 に送液される流量 f および注入圧力 P との関係について説明する。

【0032】図 5 および図 6 は図 7 の分配装置 6 中の加圧された注入液（ポンプ圧 = P_0 ）を、オリフィス O から噴出する場合、オリフィス O の下流側にストップバルブを有する流路を設け、ストップバルブを絞って下流側の圧力 P とオリフィスからの流量 f を流量圧力検出器 f 、 P で測定したグラフである。

【0033】図 5 および図 6 から、グラウトポンプのポンプ圧 P_0 が抵抗圧力 P よりも充分に高いときには、流量 f は抵抗圧力 P とオリフィス O の口径によって定まり、また、抵抗圧力 P が変動しても流量 f はほとんど変動しない。また、抵抗圧力 P とポンプ圧 P_0 の差がある範囲内に小さくなると流量 f は急速に低下することがわかる。

【0034】図 3 の装置の分配装置 6 から送液系統 S を 6 本分岐し、これら送液系統 6、6・・・6 の分岐バルブ 11、11・・・11 には図示しないがオリフィスを内蔵するものとし、このような装置を用いて上述と同様な流量試験を行ない、結果を表 1 に示した。試験の条件はポンプ圧 P_0 : 30 kgf/cm²、オリフィス口径 : $\phi 2.0$ mm、分岐バルブ数 : 6 個、流量 f : 3 分間の流量 f (l)、抵抗圧力 P : 分岐バルブ 11 の下流側の圧力（注入圧に相当）、6 本の送液系統 S、S・・・S を全て空気中で開放したときの流量 f_0 : 15 l/分である。

【0035】表 1 はオリフィスの下流側、すなわち、分岐バルブ 11 よりも下流側の送液系統 S の流路にストップバルブをつけ、いくつかのストップバルブを絞って下流側圧力 P を種々変化させて流量 f を測定した測定結果である。

【0036】

【表 1】

分岐バルブの流量試験

 $P_0 : 30 \text{ kgf/cm}^2$

流量: 3分間

試験 No	分 岐 バ ル ブ (V)											
	V 1		V 2		V 3		V 4		V 5		V 6	
	P(kg)	f(l)	P(kg)	f(l)	P(kg)	f(l)	P(kg)	f(l)	P(kg)	f(l)	P(kg)	f(l)
1	15.0	7.6	0	7.8	2.0	7.2	0	7.7	25.0	5.5	2.0	7.3
2	20.0	7.4	0	7.6	2.5	5.8	0	7.6	3.0	0	0	7.7
3	25.0	6.0	25.0	6.2	0	7.5	15.0	7.3	15.0	7.3	0	7.6
4	30.0	0	30.0	0	2.5	6.3	20.0	7.2	0	7.7	30.0	0

【0037】表1からバルブV1の圧力Pを変動しても、 20 kgf/cm^2 まではほとんど流量fが変化しないことがわかる。また、圧力が $P_0 : 30 \text{ kgf/cm}^2$ に近づくとつれて流量fは減少し、ついには0になることもわかる。また、V1のバルブの流量が変化しても、あるいはV1のバルブの流量がゼロになっても、それ以外のバルブからの流量は変化しないことがわかる。これは流量圧力制御装置によって自動的に制御されるためである。

【0038】また、注入中、いくつかの送液系統における注入ポイントの抵抗圧が高くなり、他の吐出口よりも流量が少なくなっても、その把握は流量圧力検出器によって集中管理装置で一括してなされる。このため、所定の注入量の注入の終了時点がそれぞれの送液系統で異なっても、注入時間を各送液系統毎に管理することにより、所望の注入量をそれぞれの送液系統毎に完了するまで管理することができる。

【0039】図9は図1における分岐バルブ11（絞り調整装置）の一具体例の断面図を示す。絞り調整装置11は集中管理装置X1からの指示を受け、リバーシブルモータ13の稼働によりシャフト12を矢印方向に運動させ、送液系統S中に送液される注入液をシャフト12で絞り、オリフィスの口径を調整する機能を有する。すなわち、送液系統S中に送液中の注入液が所定の圧力範囲および／または瞬時流量範囲を保持するように、絞りを調整して送液系統Sの液圧を所望の圧力範囲および／または瞬時流量範囲に保持する。なお、オリフィスのように口径が一定のものは一定の流量を保持して流量の変動はできないが、上述のように分岐バルブ11を用いれば、送液系統Sの流量を自動的に調整できる。

【0040】なお、図7に示されるように、口径の異なるオリフィスOを並列し、ストップバルブ（四方コック）9aで異なる口径のオリフィスに切り換えるようにすれば、あるいは複数のオリフィスを同時に使用すれば、注入中に注入状況に応じて流量を変化させることができる。この場合、四方コック9aは手動でも、図示しないが、集中管理装置X1からの電気信号によって切り換えることができる。

【0041】すなわち、図1における注入液槽2中の注

入液は導管8を介し、注入液加圧部Yから送液系統Sを経て注入管路5から地盤4中に注入されるが、分岐バルブ11として絞り調整バルブを用いる場合、注入中にそれぞれの送液系統Sの注入状況に応じて、図9に示すように、絞り調整装置11に絞りの指示を与えながら注入を行なって送液系統S中の液圧を所望の圧力および／または流量に保持する。なお、分岐バルブ11は分配装置6から注入液を送液系統Sに分岐する役目を果たすので、分岐なる用語を用いて表現する。

【0042】注入液は注入液加圧部Yを経て送液系統Sに加圧送液され、次いで、図9に示されるように、送液系統Sに設置された絞り調整装置11（分岐バルブ11）の上下に移動自在なシャフト12により流路が絞られる。シャフト12で絞られた流路の断面をAとすると、流路Aを流れる注入液の瞬時流量qは圧力 P_0 と P_1 の差がある程度以内になるとシャフト12よりも上流側の圧力 P_0 （注入液加圧部Yによる導管8の圧力）と注入管路5内圧力 P_1 （地盤注入圧）の差圧 $\Delta P = P_0 - P_1$ によって定まる。差圧 ΔP が大きいほど、また、流路Aが大きいほど、瞬時流量qは大きくなる。また、 ΔP がゼロに近づくとつれてqはゼロに近づく。

【0043】したがって、地盤注入圧 P_1 が注入経過とともに変動して注入圧力が上昇し、 ΔP が小さくとも流路Aを大きくすることによって瞬時流量qを所定範囲に保つことができ、あるいは流路Aを小さくすることによって瞬時流量を小さくし、 P_1 の上昇を抑えて地盤の変状を少なくすることができる。

【0044】そして、これらの調整を各送液系統S毎に行なう。すなわち、注入液加圧部Yの圧力と、絞り調整装置11のシャフト12の調整による流路Aの開度を変動することにより、個々の送液系統S毎に、注入状況に応じて注入圧力、瞬時注入量の調整が可能であり、圧力が上がっても瞬時注入量を小さくし、低圧にして所定量に達するまで注入しつづけたり、あるいは地盤変位を最小限にして所定注入量を注入することが可能となる。

【0045】図9を用いて具体的に説明すると、あらかじめ集中管理装置X1に所望の圧力値および／または流量値を設定しておき、この状態で、圧力計Pおよび／ま

たは流量計 f から実際の圧力値および／または流量値を集中管理装置 $X1$ に送る。絞り調整装置（分岐バルブ）11にはリバーシブルモータ13が内在し、集中管理装置 $X1$ の指示により実際の圧力値および／または流量値が設定値に近付き、かつ同じ値を保つように、リバーシブルモータ13を正転あるいは逆転し、シャフト12を上下して開度を調整し、注入管路5への流量を調整する。

【0046】これにより、各送液系統 S から注入管路5に送液される注入液の吐出量および／または吐出圧力は所望の範囲に保持されるのみならず、複数の送液系統 S 、 $S \cdots S$ のいずれかが注入を停止しても、残りの各送液系統 S の吐出量および／または吐出圧力もまた、所望の範囲に保持される。

【0047】図10は注入液としてA液およびB液の二液を用い、これら二液を注入管路5内ないしは地盤4中で合流させる例の簡略化ブロック図、および図11はその詳細なフローシートである。この場合、複数の送液系統 S の流量圧力検出器 f 、 P は中央管理部 X の集中管理装置 $X1$ に接続されるとともに、この集中管理装置 $X1$ からそれぞれの分岐バルブ（絞り調整装置）11に指示を与える。また、図10および図11において、複数の送液系統 S 、 $S \cdots S$ は分配装置6に連結される。なお、分岐バルブ11として、オリフィスである分岐バルブを用いてもよい。

【0048】なお、図1の流量検出器 $f0$ 、 f としては、回転流量計、電磁流量計等、任意の流量計を使用でき、パルスで出力された電気信号が集中管理装置 $X1$ に入力され、カウントされる。流量検出器 $f0$ および／または圧力検出器 $P0$ や、流量検出器 f および／または圧力検出器 P からの情報に基づき集中管理装置 $X1$ からの注入液加圧部 Y への指示によりインバータ3が制御され、グラウトポンプ1の回転数を調整して毎分流量 $f0$ や注入圧力 $P0$ を制御し、これにより送液系統 S の流量を制御する。同じく、送液系統 S の流量圧力検出器 f 、 P からの情報に基づき、集中管理装置 $X1$ の指示により、分岐バルブ11の絞り開度を調節して送液系統 S の流量を制御する。

【0049】このようにして、加圧注入液の所定の設定流量ないしは設定圧力をもって、あるいは限界範囲内の流量ないしは圧力をもって、注入液を一つの導管8から複数の送液系統 S 、 $S \cdots S$ を経て複数の注入管路5、 $5 \cdots 5$ に、同時に、選択的にあるいはさらに、自動的に送液注入する。この結果、広範囲の地盤を急速、かつ、確実に改良する。

【0050】さらに、ストップバルブ9または9a（または三方コック）の操作は手で行うこともできるが、それぞれ信号回路により集中管理装置 $X1$ で操作することもできる。そして、上述の流量検出器 $f0$ および／または圧力検出器 $P0$ からの情報に基づき、あるいは、流量圧力検出器 f 、 P 、すなわち、流量検出器 f およびまた

は圧力検出器 P からの情報に基づき、ストップバルブ9のオンオフ、図1に示される注入液加圧部 Y の注入液槽2に通じるリターン管路 R への切り換え制御、さらには、水洗管路への切り換え制御が三方コック9aによって行われる。また、送液系統 S 、 $S \cdots S$ の他の注入管路5、 $5 \cdots 5$ への連結換えも行われる。

【0051】本発明は図1において、各送液系統 S 、 $S \cdots S$ にそれぞれ流量圧力検出器 f 、 P および分岐バルブ11、 $11 \cdots 11$ を設け、これらを集中管理装置 $X1$ に接続し、かつ、データを注入監視盤 $X2$ に画面表示したことに特徴を有する。注入監視盤 $X2$ には、注入年月日、注入時間等の「時データ」、注入ブロックNo.、注入孔の孔番、注入ポイント等の「場所データ」、注入圧力、流量（単位時間流量や積算流量）等の「注入データ」が表示される。その他、後述のように、注入液識別データや地盤（あるいは構造物）変位データを表示することもできる。

【0052】そして図1において、地盤注入液を注入加圧部 Y から導管8、リターンシステム RS および分配装置6を介し、複数の注入液送液系統 S 、 $S \cdots S$ を通して地盤4中の複数の異なる注入ポイント5a、 $5a \cdots 5a$ にそれぞれ同時に注入するに際し、複数の送液系統 S 、 $S \cdots S$ の各流量圧力検出器 f 、 P から検出された注入液の流量および／または圧力のデータは集中管理装置 $X1$ に送信されて注入監視盤 $X2$ で画面表示されて施工状況が表示される。このようなデータの画面表示により、注入状況の一括監視を行って注入液の注入が管理され、地盤4中に例えば図1に示されるように、第一改良ブロックおよび第二改良ブロックが形成される。

【0053】図3は本発明にかかる装置の具体例の説明図である。注入液槽2からの注入液は導管8のグラウトポンプ1および圧力流量制御装置10により一定圧力に制御されて分配装置6に導入され、次いで複数の送液系統 S 、 $S \cdots S$ に分流され、図示しないオリフィスを内在した分岐バルブ11および流量圧力検出器 f 、 P を経て注入管路5、 $5 \cdots 5$ を通って地盤4中に注入ポイント5a、 $5a \cdots 5a$ に注入される。

【0054】このとき、流量圧力検出器 f 、 P で検出された流量信号および／または圧力信号は中央管理部 X の集中管理装置 $X1$ に送信され、注入監視盤 $X2$ で画面表示され、注入状況の一括監視を行なう。

【0055】集中管理装置 $X1$ には日報作成装置 $X3$ （パソコン）および日報作成装置 $X3$ にはプリンタ $X4$ が接続され、日報作成装置 $X3$ によって日報が作成され、プリンタ $X4$ でプリントアウトされる。

【0056】図4に集中管理装置 $X1$ の操作フローチャートを示しながら、図3の装置について説明する。図3において、まず、送液系統 S 、 $S \cdots S$ のNo.1～No.10についての注入仕様ファイルの圧力規定値（適正圧力範囲）、規定注入量（適正積算注入量範囲）、すなわ

ち、所望の注入圧力、流量（単位時間当たり流量および／または積算流量）を集中管理装置X1に予め設定しておき（システム仕様設定登録）、次いで集中管理装置X1のNo.1～No.10の開始スイッチ14をONにしてデータ記録を開始する。

【0057】このとき、施工表示盤X5にもランプ15でON表示がなされる。注入監視盤X2では、注入液送液系統S、S・・・Sからの注入データを画面に表示し、これらデータが設定値に達したときに、集中管理装置X1は完了信号を出力してこれを注入監視盤X2に表示するとともに、施工表示盤X5にランプ15で完了状態を表示し、送液系統S、S・・・Sのストップバルブ9を閉める信号を出力する。

【0058】全ての送液系統S、S・・・Sの注入が完

測定データ 流量：0～30.0 l/分

圧力：0～3.00 MPa

演算データ 積算流量：0～99999 l

最大圧力：0～3.00 MPa

記録媒体 フラッシュメモリカード

記録時間 1分データ記録（30秒や10秒データでもよい）

（10系統分の流量、圧力、積算流量、最大圧力）

【0061】注入監視：注入仕様ファイルに基づき登録された規定注入量、規定圧力をもって積算注入量データ、圧力データを監視する。注入圧力が定められた規定圧力以上であった場合、または、注入量（積算流量）が規定積算注入量（規定積算流量）に達した場合、集中管理装置X1はストップバルブ9の閉信号を出力するとともに、ランプを点灯させて完了であることを表示する。

（圧力規定による完了か、規定注入量による完了かは画

上半分の2画面：

グループ1：1号～5号の積算流量、最大圧力デジタル表示

（図3の左側5送液系統）

グループ2：6号～10号の積算流量、最大圧力デジタル表示

（図3の右側5送液系統）

積算流量は20分間の注入量である。また、最大圧力は30秒毎に表示され、19分30秒から20分までの間の最大値を表示した。最大圧力が設定圧力以上になり続けたら、その送液系統の注入は終了することの判断にな

下半分の2画面：

グループ3：1号～5号の流量、圧力

（図3の左側5送液系統）

グループ4：6号～10号の流量、圧力

（図3の右側5送液系統）

2画面のそれぞれの左側は各送液系統における時間（t）の経過に対応した瞬時流量と瞬時圧力のチャートを示し、右側は19分30秒から20分までの平均瞬時流量（l/分）と平均瞬時圧力（MPa）を示す。

【0065】このようにして、図12の画面に示されるように、注入監視盤X2には送液系統No.1～10の送液状態が同時に表示されるが、一つの送液系統毎に画面を切

り換えながら表示することもできる。なお、流量圧力制御装置10における設定圧力、実際圧力、分配装置6への送液流量、積算送液流量を同一画面または別の画面に表示してもよい。これにより、分配装置6内の液圧と、複数の送液系統S、S・・・Sの圧力、流量との関係をリアルタイムで把握でき、注入を所定の設定範囲内に納まるように管理できる。また、図12において、最大圧力

了の後、集中管理装置X1の開始スイッチ14をオフにすることにより集中管理装置X1によるデータの記録が終了する。これら記録データに基づいて日報作成装置X3で日報等の帳票を作成し、プリンタX4でプリントアウトする。

【0059】図3において、集中管理装置X1は10本の送液系統S、S・・・Sにそれぞれ配置された流量圧力検出器f、Pからの流量ないしは圧力データを記録し、監視する。また、この装置X1は予め設定された、それぞれ規定圧力値（あるいは規定圧力範囲）、規定瞬時流量値（あるいは規定瞬時流量範囲）、および規定積算注入量（あるいは規定積算注入量範囲）により注入完了の自動判断を行なう。

【0060】この詳細は以下のとおりである。

面に表示される。）

【0062】監視画面：図3に示される10本の送液系統分のデータ（流量、圧力、積算流量、最大圧力の合計40データ）を注入監視盤X2上に一つの画面で表示する。図9は図3の10本の送液系統分のデータを表示した画面を示す。

【0063】図12の画面を詳述すると、以下のとおりである。

る。また、積算流量が設定積算流量に達した場合も、この送液系統の注入は終了することの判断になる。

【0064】

り換えながら表示することもできる。なお、流量圧力制御装置10における設定圧力、実際圧力、分配装置6への送液流量、積算送液流量を同一画面または別の画面に表示してもよい。これにより、分配装置6内の液圧と、複数の送液系統S、S・・・Sの圧力、流量との関係をリアルタイムで把握でき、注入を所定の設定範囲内に納まるように管理できる。また、図12において、最大圧力

の代わりに、図3の導管8における圧力や流量を表示してもよい。さらに、集中管理装置X1は注入仕様ファイル、注入結果一覧表、注入チャート、日計表、週計表、月計表等の帳票作成ならびに解析データの作成をも行なうことができる。

【0066】注入仕様ファイルは集中管理装置X1の動作設定ファイル（図4におけるシステム仕様設定）であり、注入液送液系統S、S・・・Sの注入完了条件の規定圧力値、規定注入量の設定を行う。さらに注入液送液系統Sの分岐バルブ11の絞りや、注入液加圧部Yにおけるグラウトポンプ1のインバータ3の調整や分配装置6内の流体圧を設定値に保つためのリターンシステムRSの調整を行うための注入仕様を作成する。各帳票ファイルは記録された流量、圧力、積算流量あるいは最大圧力の各データと、孔番等の手動入力、または自動入力によるデータとから変換作成される。さらに解析データは各帳票データから変換作成される。

【0067】なお、図12の画面において、各送液系統の一本毎に一枚ずつ、例えば、図13に示される注入孔における注入ポイント毎に、ブロックNo.、注入孔No. およびステージNo. とともに、圧力、流量、チャートを表示することもできる。

【0068】さらに、これらのデータから注入孔毎に、例えば、図13のブロックNo.1、注入孔No.3について例示すれば、図14に示されるように、各ステージ毎に、時間tに対する注入圧力P、流量Q、および積算流量（I）を表示することもできる。

【0069】また、各注入孔毎に、各ステージの設計積算流量に対する実際積算流量の比率を算出して、図15および図16に示すように、注入領域の区分毎に、ステージ毎の水平面（図15）と垂直面（図16）を面的に図示し、これにより、注入が不十分なゾーンが判別され、再注入すべき領域を知ることができる。図16は図15のA-A線断面図である。

【0070】図17は地盤中の垂直方向における複数の注入ポイント（各注入ステージ）の注入圧力分布および積算流量を注入監視盤X2上に面的に表した画面の一例である。図17では各注入ステージにおける積算流量も表示される。したがって、この画面表示により、各注入ステージにおける注入圧力および積算流量が一画面上に表示され、一括監視により注入が管理される。

【0071】図18は地盤中の特定の注入ステージにおける水平断面の積算注入量を平面的に一画面上に表した例である。この画面表示により、特定の注入ステージにおける各注入ポイントの積算流量が一画面上に表示され、一括監視により注入が管理される。

【0072】図19は地盤中の複数の注入ポイントにおける注入圧力分布を注入監視盤X2上に三次元的に表した画面の一例である。この画面表示により、各注入ステージにおける注入圧力が三次元的に表示され、立体的な

一括監視により注入が管理される。同様にして、積算流量も三次元的に表示して注入状況を管理することができる。

【0073】例えば、注入圧力が過大に上昇して注入量が不十分であった領域を立体的に把握でき、この場合、注入圧力を少なくして所定量注入されるまで再注入する。さらには、所定量の注入が行なわれたにもかかわらず、注入圧力が過少であることも把握でき、この場合、注入が逸脱したり、あるいは設定値が過少であることも発見でき、設定値を変更して最適積算流量を注入する等の措置を講じて注入効果を確実にすることができる。

【0074】図20は細管を複数本束ねて構成される注入管路5を用い、図3と同様な注入システムにより、第1注入ブロック、第2注入ブロックの注入ポイント5aに注入を施した例を示す。図3と同様に、注入液加圧部Yからの加圧注入液を分配装置6に送液し、複数の送液系統S、S・・・Sを介して地盤4中の複数の異なる注入ポイント5a、5a・・・5aにそれぞれ同時に注入する。

【0075】図20に用いられる細管を複数本束ねて構成される注入管路5としては例えば図21に示す注入管路5が挙げられる。図21において、注入管路5は先端の吐出口16の位置がそれぞれ縦方向の異なる位置に配置するように複数本の細管17、17、・・・17を束ねて構成される。

【0076】この注入管路5は地盤4の削孔18中に挿入され、さらにこの削孔18中にシール19を填充することにより地盤4中に埋設される。吐出口16から吐出される注入液は地盤壁4aから地盤4中に浸透され、固結される。

【0077】複数の注入液送液系統S、S・・・Sにはそれぞれ流量圧力検出器f、Pが設けられる。これら検出器f、Pから検出された注入液の流量および/または圧力のデータは集中管理装置X1に送信され、データの記録ならびに画面表示により注入状況の一括監視を行って注入管理される。導管8にも図1と同様、流量圧力検出器f0、P0が設けられる。

【0078】一般に、沖積層は水平に滞積しているため、水平方向の透水係数は垂直方向のそれよりも大きい。したがって、図20において、第1ステージの土層はいずれの吐出口付近でもほぼ同じ透水係数で、例えば中砂であり、また、第nステージの土層もいずれの吐出口付近でもほぼ同じ透水係数で、例えば細砂である。

【0079】さらに、本発明において、地盤注入液を図3に示される注入液加圧部Yから複数の注入液送液系統S、S・・・Sを通して地盤4中の複数の異なる注入ポイント5a、5a・・・5aにそれぞれ同時に注入するに際し、地盤4の所定の注入区分に代表注入孔を設置し、この代表注入孔の各注入ステージにおける適切な圧力、流量および積算流量を測定してこれらの値を集中管

理装置X1に設定して、この設定値に基づいて所定の注入区分における各注入ステージでの注入を行う。

【0080】上述各注入ステージにおける適切な圧力、流量および積算流量は集中管理装置X1で圧力および流量を測定することにより測定される。この場合、適切な圧力、流量および積算流量は注入試験による測定値に実際の注入による測定値を加味し、補正することにより定めることもできる。

【0081】すなわち、具体的には、図3のシステムを用いて地盤注入を施工するに際し、集中管理装置X1によりリターン量を調整して時間とともに注入圧を低圧から高圧に変化させ、圧力-流量曲線を得る。例えば、図13に示されるように、注入領域を平面的に任意のブロックに分け、例えば図13では4つのブロックに分け、一つのブロック（例えばブロックNo.1）を代表する一つの注入孔（例えば注入孔No.5）を試験注入孔として選定する。

【0082】この試験注入孔（No.5）の各ステージ毎、あるいは代表的なステージにおいて、注入に先立ち、注水試験、またはゲル化時間の長い注入液による注入試験を行って、図22に示されるP-q曲線（曲線1および2）、すなわち、P（注入圧力P）-q（流量l/分）曲線を出す。

【0083】図22において、O₁点までは注入速度と注入圧力は比例関係にあり、地盤破壊は生ぜず、完全な浸透注入となる。しかし、O₁～O₂点までは注入速度（流量）と注入圧力は比例関係になく、部分的に割裂は生じるが、地盤が破壊して注入液が逸脱する注入圧力の低下はみられない。このO₂点の注入圧力を限界注入圧P_{ro}、限界注水速度（あるいは限界注入速度）（流量）q_{r0}とする。このようにして、地盤が破壊する限界注入圧力P_{r0}および限界注入流量q_{r0}（注入速度）を知ることができる。

【0084】上述のとおり、各ステージにおける地盤を破壊しないで注入し得る限界注入圧と限界注入速度（流量）を知ることができ、これにより、各ステージの適正注入圧力範囲あるいは適正注入速度範囲を知ることができる。この数値を中央管理部Xの集中管理装置X1に記憶させ、この適正範囲を保つようにそのステージにおける注入を行って注入管理する。

【0085】図4の集中管理装置の操作フローチャートに示すように積算流量がこの適正範囲に達すればその時点でその注入ポイントの注入を完了する。また、設定積算流量に達しないうちに適正注入圧力を越える場合にもそのステージの注入を終了とする。なお、上記適正注入圧力または注入速度の設定値は注入工程の進行中、補正することができる。この理由は注入過程で、同一ステージの注入中に、あるいは別の注入ステージからの影響により、さらには他の注入孔からの注入液の部分的浸透により干渉効果を受けるからである。

【0086】また、注入ポイントの注入順序を選定することにより、あるいは注入ブロックの注入順序を選択することにより、先行した注入によって地盤が強化され、このため後からの注入が拘束効果によって注入圧力を高くしても破壊することなく注入できる。注入量が不充分のとき、再注入する場合も同様である。

【0087】図22において、F₁点までは直線関係にあるが、F₁～F₂点までの間は直線ではないが破壊には至っていない。したがって、F₂点におけるP_{rf}を限界圧力、q_{rf}を限界注入流量とする。このようにして、最終的な限界注入圧力および限界注入流量（注入速度）をそれぞれP_{rf}およびq_{rf}として設定して、設計注入量（積算流量）の注入をこの限界内で行うようにする。これらの値を集中管理装置X1に記憶させておき、この設計流量が注入されたら注入終了とし、もし、設計流量に達しないうちにこの限界注入圧力に達した場合にはその時点で注入を終了する。このようにして、注入工程に最適範囲を設定して確実な注入効果を得ることができる。

【0088】なお、注入中に注入圧力が全く上昇しなかったり、あるいは注入中に注入圧力があまりにも早く上昇して注入を中止したために注入が不充分であると予想されたり等の場合、注入領域を断面的あるいは平面的に切り、その領域に再注入することもできる。また、所定量注入して注入が完了しても、注入圧力の状況から注入が不充分と判断した場合、設定値を変更して注入を続けることもでき、さらに手動に切り換えて注入を続けることもできる。さらに、注入中に注入圧力が設定値を越えて注入中断の信号がでて、注入量から注入が不充分と判断された場合、注入圧力の設定値を変更し、あるいは手動に切り換えて注入を継続することもでき、また、瞬時注入量の設定値を低くして注入を続けることもできる。

【0089】さらに、図20において、第1ステージの土層はほぼ同一の透水性ではあるが、各吐出口1～nの流量（q）は多少ともばらつきが生じる。このため、各吐出口における所定の注入が完了する時間はそれぞれ異なる。このため、集中管理装置X1からの指示と注入が完了した吐出口から順次、所定の電磁バルブが作動してストップバルブ9がオフになる。（電磁バルブでなくても、手動バルブでもよい。）いくつかのバルブが閉じて、残りの吐出口からの流量はリターン装置RAにより同一流量を保つ。もちろん、場合によっては、集中管理装置X1からの指示でリターン装置を調整したり、インバータ調整して注入速度、注入圧力を調整することができる。

【0090】このようにして、吐出口からの同時注入による浸透固結によってステージ毎に平面的に達成されたスラブが形成される。この固結層は第1ステージから第nステージまで連続的に形成される。さらにまた、吐出口からの同時注入による浸透固結は垂直方向にも形成す

ることができ、さらには、水平方向および垂直方向の両方に同時進行させることもでき、また、透水性の大きな層の吐出口から、あるいは透水性の大きな部分に開口した吐出口から選択的に注入することもできる。

【0091】ここで、図20において、細管Tの本数 n を $n=100$ として、分岐バルブ11のオリフィス口径 $=1.0\text{mm}$ とし、送液流量検出器 $f_0=150\text{l/分}$ とし、細管($T_1 \sim T_{100}$)の第1ステージに位置する吐出口から同時注入すると、流量圧力検出器 f 、 P の分岐圧力計 P_{11} は 2kg/cm^2 、分岐流量計 f_{11} は 1.5l/分 、圧力検出器 $P_0=30\text{kgf/cm}^2$ を示す。また、 $P_{1r0}=5\text{kgf/cm}^2$ 、 $q_{1r0}=4.0\text{l/分}$ を示す。 $P_{1rf}=7.5\text{kgf/cm}^2$ (P_{1r0} の1.5倍)と設定する。また、細管 T_{11} における計画注入量 Q_{11} は $Q_{11}=100\text{l}$ に設定する。注入中の P_1 の注入圧力は 3.0kgf/cm^2 以内、平均注入速度 $q_1=1.5\text{l/分}$ で 100l の注入が完了した。

【0092】上述のとおり、第1ステージの土層はほぼ同一の透水性ではあるが、各吐出口 $1 \sim n$ の流量 q は多少ともばらつきがある。このため、各吐出口における所定の 100l の注入が完了する時間はそれぞれ異なる。このため、集中管理装置X1からの指示と注入が完了した吐出口から順次、所定の電磁バルブ(ストップバルブ9)が作動してオフになる。図1において、リターン装置RAを用いずに、インバータ3を有するグラウトポンプ1を用いる場合、いくつかのバルブ、例えば10個のバルブ、すなわち10%のバルブがオフになると、残りの吐出口からの流量は増大し、かつ圧力検出器 P_0 の注入圧力も増大する。これを是正して適正圧力範囲、適正流量範囲にもどすために集中管理装置X1から注入液加圧部Yに指示し、インバータ3を調整して流量を1割減少し、流量検出器 f_0 の毎分流量を 135l/分 とし、残りの吐出口からの平均注入速度を 1.5l/分 とする。しかるに、図3に示すように、流量圧力制御装置10を用いた場合、リターン装置RAによって常に一定の圧力 $P_0=30\text{kgf/cm}^2$ を維持することができるので、最後の一本に至るまで同一流量で注入することができる。

【0093】また、吐出口数が同一で、注入速度 q を一定に保つ場合、注入が進行して地盤中のゲル化が進行するにつれて注入圧が増大する。さらには、先行した注入ポイントからの注入による拘束効果がある場合も、同様に注入圧が増大する。この場合、注入圧が限界点 $P_{1rf}=7.5\text{kgf/cm}^2$ に達すれば、その吐出量が所定注入量に達しないまま注入を完了しても、十分な注入効果を得たとみなす。したがって、あらかじめ $P_{1rf}=7.5\text{kgf/cm}^2$ が限界値として入力された集中管理装置X1からの指示により電磁弁(ストップバルブ9)がオフになり、その吐出口の注入が完了する。ただし、注入状況によっては、設定値を変更しても、手動に切り換えて注入を続けてもよい。

【0094】同時に、いくつかの吐出口の注入圧が限界

に達し、あるいは所定注入量に達した時点で、集中管理装置X1からの注入液加圧部Yへの指示により、残りの吐出口の平均注入速度が所定の範囲内におさまるようにインバータ3が制御され、流量検出器 f_0 の流量が低減されて注入が続くという工程がくり返される。もちろん、リターン装置RAを用いれば、最後の一本まで自動的に、同一条件で注入できる。

【0095】このようにして、吐出口からの同時注入による浸透固結はステージ毎に平面的に達成されてスラブが形成される。この固結層は第1ステージから第 n ステージまで連続的に形成される。さらにまた、吐出口からの同時注入による浸透固結は垂直方向にも形成することができ、さらには水平方向および垂直方向の両方に、同時に進行させることもでき、また、透水性の大きな層の吐出口、あるいは透水性の大きな部分に開口した吐出口から選択的に注入することもできる。

【0096】注入工法の原理は土粒子間隙の水を注入液に置き換えることにある。このため、同時注入工法において、大容量土に多数の吐出口から同時注入しても、土中水が注入液により逃げ場を失えば、地盤中に水のポケットが生じ、あるいは注入液が水で希釈されて目的とする注入が達成できなくなる。これを防止するために、図23に示されるように、固結対象の地盤4にほぼ同一土質条件を有する想定改良ブロック(1)、(2)、

(3)、(4)、(5)を定め、図示しない複数の吐出口から、まず、間隔をあけて定められた想定改良ブロック(1)および(2)に同時注入して地下水をブロック外に排除し、次いで、想定改良ブロック(3)、

(4)、(5)に上述と同様に同時注入して地下水をブロック外に排除し、順次に全体を固結してほぼ同一土層を地下水を逃がしながら固結する。この際、地下水を効果的に逃がすために、注入領域の所定の位置に排水パイプ、ペーパードレーン、砂柱等の排水材を地盤中に設置してもよい。あるいはさらに、排水材を通してポンプによる地下水の吸水を併用して注入液の方向性を誘導することもできる。

【0097】また、図24に示されるように、注入領域をいくつかのブロックに分け、地下水を逃がしやすいように注入順序を設定して所定の注入圧力、あるいは所定の積算注入量に達した時点で、次のブロックの注入に移向するように注入することにより全自動注入が可能になる。なお、注入目的や、地盤条件によっては、先行する注入区分があとから注入する注入区分を拘束するように注入順序を選択することによって効果的に地盤を加圧強化することができる。

【0098】分配装置6は一般に、ポンプで注入液を分配装置6内に急速に送液すると直ちに過大の圧力を呈して稼動が難しくなる。これに対して、図25のようにオリフィスO(絞り調整バルブでもよい。)に至る導管8に注入液リターンシステムRS、すなわち、圧力検出器

P₀、注入液リターン装置RA、リターン管路R、および流量圧力制御装置10を設けることにより、グラウトポンプ1を通常の稼動状態にしてスタートしたまま、徐々に注入圧力P₀を上昇させ、送液系統S、S・・・Sからの吐出量を把握しながら注入圧力P₀を設定して、安全かつ容易に注入操作が可能になる。図25に示す円筒環状の分配装置6は分配装置6内の圧力が均等に分布するため、各送液系統Sへの吐出量が正確になる。なお、圧力検出器P₀は分配装置6内に設けることもできる。

【0099】図26は注入液リターンシステムRSの他の具体例のフローシートであり、グラウトポンプ1を並列して複数個用い、注入圧力P₀を高めたり、非常に多数の注入管路から同時に注入することができる。これにより、本発明は送液系統S、S・・・Sを数十本あるいは100本以上、一度に地盤中に設置して急速施工を可能とする。例えば、1吐出口当たり1～5 l/分の低吐出量により土粒子間浸透が可能になる。すなわち、1吐出口3 lとして100吐出口を同時注入する場合、300 l/分の注入ポンプを必要とする。

【0100】ところが、300 l/分の薬液注入ポンプは入手し難い。しかし、図26のシステムを用いることにより30 l/分の薬液注入ポンプ10台を一セットにし、100本吐出口から一気に注入することができる。しかも、この注入液リターンシステムRSを用いることにより、一台毎のポンプの吐出量を調整することなく、多数の吐出口から、吐出口の数が変動しても一定圧力P₀により、所定量の吐出量で自動的に注入し続けることができ、上述のリターン装置を用いることによってこのような画期的注入工法の実用化が可能になる。

【0101】上述の本発明にかかる地盤注入工法において、上述複数の注入液送液系統は次の(a)、(b)または(c)、すなわち、(a)注入液加圧部からそれぞれ分岐する、(b)独立した複数の注入液加圧部にそれぞれ連通する、(c)単一の駆動体によって複数のポンプのピストン駆動体を同時に駆動する注入液加圧部のそれぞれのポンプに連通する、ことから構成される。

【0102】前記(a)は具体的には、図1、図3、その他に示されるとおり、注入液加圧部Yから分配装置6を経て分岐され、あるいは図示しないが、注入液加圧部Yの導管8から直接分岐されて構成され、地盤4中の注入管路5に連結される。

【0103】前記(b)は、ゴムスリーブで覆われた吐出口を軸方向に多数有する注入外管を地盤4中に多数設置し、これら複数の注入外管にそれぞれダブルパッカを有する注入内管を挿入して本発明にかかる注入管路5とする。この注入管路5を介して注入ステージを移動しながら注入液を地盤4中に注入することにより、複数の注入ポイント5aから注入を同時に行ない、この際、各注入管路5における注入開始から終了に至るまでの工程はそれぞれ別々に行ないながら、これらの注入状況を集中

管理装置X1の注入監視盤X2に画面表示して一括管理し、記録した上で各注入管路5の注入ポイント5a毎に日計表にアウトプットし、混乱を生じることなくデータ管理を行なう。

【0104】なお、上述(b)において、多重管ロッドを用いてA液、B液を合流注入したり、あるいはA、B液合流液の瞬結注入を行なった後、A、C液の緩結注入を行ない、さらに多重管ロッドを移動させながら上述注入をステージ毎に繰り返す注入であってもよい。すなわち、複数の多重管ロッドから複数の注入ポイント5aに同時に注入し、そして、それぞれの多重管ロッドにおける注入は始めから終わりまで個々の注入工程を経ながら全体の注入状況を一括管理してデータ処理を行なう。

【0105】上述(c)は図21に示される注入管路5を用いて図20に示されるように注入管路5を地盤4中に配置し、それぞれの注入管路5、5・・・5を複数の注入液送液系統S、S・・・Sに連通して構成される。この場合、注入液加圧部Yにおける多数のピストン駆動部材は一つの駆動源によって駆動される。

【0106】すなわち、一つの駆動源(モータ)で駆動する回転シャフトは多数のカムを備え、それぞれのカム駆動方式にしたがってピストンが作動する多数のユニットポンプによって構成され、それぞれのユニットポンプが複数の注入送液系統に連通する。もちろん、上述

(b)の注入方式におけるそれぞれの注入管路5に複数の注入液送液系統S、S・・・Sを連通することもできる。

【0107】なお、上述(a)、(b)において、注入管路5(注入外管、注入内管を含む)は袋体やゴム等の弾性を有する被膜を装着し、内部に硬化性液体、水、気体(窒素等の不活性気体、空気等)等をパッカ用流路を通じて圧入し、パッカ効果を生じさせた上で地盤注入液を注入してもよい。この場合、これらのパッカ用流体の圧入にかかわるデータ(パッカ用流体圧入データ)を集中管理装置に送液し、画面表示して注入管理することになる。すなわち、流体の種類、圧入圧力、パッカ位置等がデータとなる。

【0108】本発明に用いられる地盤注入液5は次の(a)～g)に示される注入液から任意に選択される。これらの注入液5はいずれもゲル化時間を十数時間に設定できるので、大量の注入液をつくって置いてもゲル化の心配がないのみならず、大量の注入液を長時間かけて送液でき、かつ地盤中に注入した後、確実にゲル化し、さらに粘性が小さく、ねばりが少ないため、リターン装置やオリフィス、絞りバルブ等にシリカゲルが詰まることなく、本装置に用いられる地盤注入液として極めて優れたものである。また、セメント、スラグ等の懸濁性注入液もまた、ねばりが少ないので、詰まり難く、本発明に適している。また、図10および図11に示すように、本発明装置を複数セットで用い、それぞれ主材、反

応剤を別々に分岐管を通して送液し、注入管路内で合流するか、あるいは地盤中に吐出後、地盤中で反応させれば、全ての注入材を注入することができる。

【0109】a) 水ガラス中のアルカリの一部またはイオン交換樹脂またはイオン交換膜で除去して得られるシリカ溶液を主材とした注入液。あるいは、これにさらに水ガラス、酸、塩等を加えてなる注入液。

【0110】b) 水ガラスのアルカリを酸で中和して得られる非アルカリ領域のシリカ溶液を主材とした注入液。あるいは、これをさらにイオン交換樹脂やイオン交換膜で注入液中の金属イオンあるいは酸根の全部あるいは一部を除去して得られる注入液。

【0111】c) 水ガラスをイオン交換によってアルカリを除去し、得られたシリカを造粒したコロイダルシリカを主材とした注入液。

【0112】d) 水ガラスのアルカリを除去して得られるシリカ溶液に水ガラスおよび／またはコロイダルシリカを添加してなるシリカ溶液を主材とした注入液。

【0113】e) 水ガラスと、コロイダルシリカと、反応剤とを混合してなるシリカ溶液を主材とした注入液。

【0114】f) 懸濁性注入液。

【0115】g) 水ガラス水溶液と多価金属化合物を別々の注入液送液系統から別々に地盤中に注入して地盤中で反応させる注入液。

【0116】h) 水ガラス水溶液と反応剤水溶液を別々の注入液送液系統で送液して合流し、地盤に注入する注入液。

【0117】水ガラス中のアルカリ分を酸で中和してなる非アルカリ性のシリカ液は粘性が低く、長いゲル化時間を有し、このため、絞り部にゲルが付着することがない。さらに、十数時間のゲル化時間とすることができるので、注入液をリターンさせても、注入が完了するまでの間、増粘してゲル化する心配がない。

【0118】このようなことはコロイダルシリカや水ガラスのアルカリをイオン交換樹脂またはイオン交換膜で除去して得られる非アルカリ性シリカ溶液、あるいは、水ガラスと酸を混合して得られる酸性シリカ液をイオン交換樹脂またはイオン交換膜により、酸根やアルカリ金属イオンを除去して得られる非アルカリ性シリカ溶液でも同様である。

【0119】以下、具体的に説明すると、(1) 水ガラスを硫酸やリン酸と混合して $pH0.5 \sim 5$ 、 $[SiO_2]$ 値 $0.5 \sim 3.4$ の酸性シリカ水溶液を製造する。このようなシリカ溶液はゲル化時間を1時間～十数時間に調整し得、ゲル化の直前まで $1.5 \sim 3.0 cps / 20^\circ C$ の低粘度を維持でき、さらに、強度を固結標準砂で $1 \sim 8 kgf/cm^2$ の一軸圧縮強度とすることができる。したがって、これら注入液を数時間リターンしながら注入しても、本発明の注入装置が正常に作動し得るので、本発明装置に適合した極めて優れた注入液ということができ

る。

【0120】また、この酸性シリカ溶液をA液とし、アルカリ水溶液をB液とし、これら二種類の注入液を本発明にかかる送液系で送液し、注入管路の先端で合流して地盤中に注入すれば、本発明装置をゲルで詰まらせることなく、ゲル化時間の短い注入液を地盤中に注入することができる。

【0121】(2) 水ガラスをイオン交換樹脂やイオン交換膜で処理し、アルカリを除去して得られる活性珪酸水溶液を加熱することにより分子量を数万以上に結合安定化し、次いで SiO_2 含有量を $20 \sim 30\%$ に濃縮し、 pH 値を $9 \sim 10$ 程度に安定化してコロイダルシリカを製造する。

【0122】このコロイダルシリカ溶液を希釈して SiO_2 含有量 $0.1 \sim 20\%$ 程度のシリカ溶液とする。これに $NaCl$ や KCl 等の中性質を加えてゲル化時間を十数時間に調整の後、地盤中に注入する。

【0123】ここで、図10ないしは図11に示される本発明にかかる装置を用い、A液として水ガラスを有効成分とする水溶液、およびB液として塩化カルシウム、塩化マグネシウム等のアルカリ土金属塩化物や、塩化アルミニウム等の多価金属塩化物を有効成分とする水溶液をそれぞれ異なる導管8、8を通して以下のように地盤4中に注入し、地盤4中でA、B液を反応させて地盤4を固結した。

【0124】(1) A液を注入後、B液を注入する。

(2) B液を注入後、A液を注入する。

(3) A液とB液を交互に注入する。

(4) A液とB液を同時に注入する。

【0125】上述において、注入液送液系統Sの流量圧力検出器f、Pで検出された流量信号ないしは圧力信号を集中管理装置X1に送信して各注入液送液系統S、S・・・Sの注入状況を把握し、これら注入状況を注入監視盤X2に画面表示して一括監視を行ない、注入管理する。この際、集中管理装置X1に流量の範囲、圧力範囲および／または積算流量範囲について仕様設定し、A、B両液の注入ポイント5aで以下のいずれかの現象が生じるまで繰り返し注入する。

【0126】(1) 注入が所定の圧力範囲ないしは注入量に達する。

(2) 注入圧が上昇して注入が困難になるか、注入圧が設定限界になる。

(3) 地盤隆起が生じるか、あるいは地盤隆起が設定限界になる。

【0127】B液としてのアルカリ土金属塩化物や多価金属塩化物は水ガラスグラウトと反応して瞬間的に沈殿物を生じる。この沈殿物は加圧することによって水分を放出し、圧縮されて強固なゲル化物となる。

【0128】ところで、溶液型の水ガラス系グラウトを用いた工法は古くからヨーステン工法として知られてい

る。これは反応が瞬間的に起こるため、別々の注入管を用いて地盤中で反応させるしかなかった。しかし、この場合の問題点は注入管まわりしか固結しないため、浸透範囲が狭い。さらに、水ガラス水溶液（A液）と塩化カルシウム等の水溶液（B液）とを別々に地盤中に注入するため、先行して注入した液が後から注入する液によって注入範囲外に押し出されてしまい、このため、地盤中で化学当量的に反応させて一定の効果を奏し得ることができず、現在では実用に供されていない。

【0129】ところが、本発明によれば、注入地盤を地盤条件がほぼ同一の複数の注入領域に区分し、その注入区分毎に複数の注入液送液系統S、S・・・Sを通して同時に注入し、かつ、注入圧力、瞬時注入量ないしは積算注入量を送液系統S、S・・・Sの一本毎に、かつ注入区分毎に総合的に管理できる。このため、A、B両液は注入区分全体として化学当量的にほぼ過不足なく注入できる。

【0130】なお、注入圧は高くなるほど強固に固結したことを示すので、設定圧力の範囲は下限値が例えば、 10 kgf/cm^2 以上、上限値は注入中の圧力低下を起こす手前の圧力、すなわち、地盤の破壊を起こす手前の圧力、あるいは地盤隆起が生じるか地盤隆起が設定限界値になる圧力である。

【0131】注入がこれらの限界値に達したときに、注入の完了または中断とするが、しかし、A、B液のいずれかの注入量が設定値に達していないときには、設定値を変更して引き続いて注入を行なうか、再注入を行なう。この場合、一度固化した箇所を破壊し、その外側まで注入液を浸透させなくてはならないから、当初の注入圧力は過大になっても、その後は低下する。したがって、再注入における仕様設定、あるいは引きつづいて注入を行なうときの変更仕様の設定は流量を低く（例えば、 $f=5\text{ l/分}$ ）、注入圧力を高くし、積算流量は不足分とする。

【0132】地盤の隆起がなく、注入が困難になるまで注入する場合の注入圧の上限は注入液加圧部Yの圧力検出器P0における圧力P0、例えば 30 kgf/cm^2 である。したがって、注入圧力Pについての仕様設定は $P=10\sim30(=P_0)\text{ kgf/cm}^2$ となる。すなわち、注入液送液系統Sの注入圧Pが大きくなると、流量fが減少し、P0にまで達すると、 $f=0$ となり注入が中断する。したがって、流量に関する仕様設定は、 $f=5\sim0\text{ l/分}$ となる。

【0133】さらに注入するには、圧力P0を高くすれば良い。この場合、途中から手動に切り換えて地盤隆起の状況を確認しながら注入をつづけることもできる。例えば、図3の装置において、地盤隆起センサを地表面に設置する。この場合、あらかじめ仕様設定に地盤隆起の範囲を $5\sim20\text{ mm}$ と設定したときに、地盤隆起センサからの電気信号が集中管理装置X1に伝えられ、隆起が2

0mmを越した場合、注入液送液系統Sからの注入が中止となる。しかし、隆起が $5\sim20\text{ mm}$ の範囲内ならば、これは許容範囲であり、その範囲内での隆起は地盤強化のための反応が確実に行なわれていることを示している。また、この地盤センサを注入領域付近の構造物に設けることにより、構造物の変位が許容範囲内におさまるように注入を管理することができる。

【0134】さらに、本発明において、複数の注入液送液系統S、S・・・Sのいずれかの注入が完了して次の注入管路5に接続しており、あるいは注入圧が限界値よりも高くなって注入を中断した後、再注入する場合、注入液が送液系統S中でゲル化することを防止するために送液系統Sを水洗する。この場合、注入液の送液量か、水洗の送水量かを判断する特性を設定する必要がある。

【0135】水と注入液との違いを示す特性は例えば、pH、電気伝導度、密度等である。したがって、これらに関するセンサ、すなわち、pHメータ、電気伝導度メータ、密度計等を注入液送液系統Sに設ければ良い。

【0136】これらのうち、密度計について例示すると、送液系統Sを通過する注入液に放射線を照射する放射線源を注入液送液系統Sの外側壁に配置する。さらに、この放射線源に対向する送液系統Sの外側壁に前記放射線の透過強度または反射強度を検出する放射線検出器を配置する。さらにまた、この検出値から注入液の濃度を算出する演算器を備えて濃度測定装置とする。

【0137】前記放射線源はガンマ線源であり、この場合、放射線検出器はガンマ線検出器となる。そして、演算器はガンマ線の入射強度と透過強度との比または反射強度との比から注入液の濃度を算出する構成のものである。

【0138】さらに、放射線源は中性子線源であることもでき、この場合、放射線検出器は中性子検出器となる。そして、演算器は中性子線の入射強度と透過強度の比、または反射強度との比から、注入液の濃度を算出する構成のものである。

【0139】算出した注入液の濃度またはこの濃度を指標するデータを連続的に集中管理装置X1に送信して集中管理装置X1中の演算制御装置（cpu）で注入液の密度または濃度に変換し、これを予め定めた一定時間間隔で集中管理装置X1に記録する。そして、注入液の密度を例えば $1.6\sim2.2$ の範囲の設定仕様とし、このデータを例えば注入監視盤X2の画面上に図9のデータや図11のチャートとともに表示し、日報作成の際に積算注入量から設定仕様の範囲外、すなわち密度が 1.6 よりも低い流量を差し引いて真の注入液積算注入量とする。

【0140】また、導電率測定装置を送液系統に設け、送液中の導電率を測定することにより測定値のデータを集中管理装置に伝達し、これにより洗浄水と注入液を識別して実際の注入量を把握することができる。

【0141】図27は水ガラス中のアルカリを酸で中和

して得られる前述のシリカ溶液を水で薄め、このときの導電率の変化の状態を示したグラフである。蒸留水は 0.01μ 、水道水は 119.5μ の導電率である。したがって、図1、図3において、注入が完了した注入液送液システムSを水洗しても、あるいは注入液送液システムの中にゲルが詰まって水洗する場合でも、検出値が $1\text{ms}/\text{cm}$ 以下なら洗浄水とみなして注入液を識別し、注入量を把握する。なお、この導電率は注入液によっても異なり、あるいは洗浄水によっても異なるので、あらかじめ計測して識別する範囲を認識し、図4のシステム仕様設定に登録しておけばよい。

【0142】上述のとおり、注入液のpH、導電率、濃度等を検出することにより、どのような特性の注入液を注入しているかが識別される。したがって、注入液の種類、濃度、配合等の注入液データを集中管理装置X1に送信し、注入液データとして注入管理することもできる。

【0143】なお、地盤中に観測井戸を設け、この観測井戸の中のpH値、導電率等を測定してこれらの変化を見出すことにより注入液が用水に流入していることがわかり、そのデータを集中管理装置X1に送信し、これらに影響データとして画面表示し、これに基づいて注入を中断して用水への影響を防ぐことができる。

【0144】同様に、上述の地盤変位や構造物の変位を集中管理装置X1に送信し、限界値に達したら注入を中断して影響を防止することもできる。したがって、これらに影響データとして注入管理することができる。

【0145】

【発明の効果】以上のとおり、本発明は地盤注入液を複数の注入液送液システムから複数の異なる注入ポイントにそれぞれ同時に注入するに際し、複数の注入液送液システムにそれぞれ流量圧力検出器を設け、これら検出器から検出された注入液の流量信号、ないしは圧力信号を中央管理装置に送信し、データの記録ならびに画面表示により注入状況の一括監視を行って注入管理するようにしたから、地盤中に設置した複数本の注入管路から、対象とする土層に注入液を注入して該地盤を改良するに際して、最適な設定流量ないしは設定圧力をもって注入液を同時かつ、自動的に、あるいは選択的に注入し、これにより広範囲の地盤を急速かつ確実に改良することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる注入管理装置の一具体例のフローシートである。

【図2】図1の注入管理装置における注入液加圧部Yの他の具体例の説明図である。

【図3】本発明にかかる注入管理装置の実際の具体例の一例を示すフローシートである。

【図4】集中管理装置の操作フローチャートである。

【図5】オリフィス口径 $\phi 2.0\text{mm}$ における抵抗圧力Pとオリフィスからの流量fとの関係を各ポンプ圧について

表したグラフである。

【図6】オリフィス口径 $\phi 2.5\text{mm}$ における抵抗圧力Pとオリフィスからの流量fとの関係を各ポンプ圧について表したグラフである。

【図7】送液システムに配置されるオリフィスを並列して切り換えるように構成した説明図である。

【図8】図1における導管8を流れる注入液のリターン装置RAによる流量自動調整の位置具体例を表した説明図である。

【図9】図1における送液システムSを流れる注入液の分岐バルブによる流量自動調整の一具体例を表した説明図である。

【図10】本発明にかかる注入管理装置の一具体例であって、注入液としてA、B液を用い、これらAB注入液を地盤中で合流させた例のブロック図である。

【図11】本発明にかかる注入管理装置の一具体例であって、注入液としてA、B液を用い、これらAB注入液を地盤中で合流させた例のフローシートである。

【図12】図3の注入管理装置を用い、送液システム10本についての積算流量と最大圧、および流量と圧力を注入監視盤に表した画面表示の例である。

【図13】注入領域の4つの注入ブロック区分No.1~4を注入監視盤に表した画面表示の例である。

【図14】地盤のステージNo.1~3における流量と注入圧力を注入監視盤に表したグラフ(チャート)である。

【図15】図6のブロックNo.1、ステージ1における注入比率の分布を注入監視盤に水平面として表した画面表示の例である。

【図16】図15のA-A線垂直面を注入監視盤に表した画面表示の例である。

【図17】地盤のステージNo.1~4における注入圧力および積算流量を注入監視盤に表した画面表示の例である。

【図18】地盤の水平面における注入液の注入量を注入監視盤に表した画面表示の例である。

【図19】地盤の注入圧力を注入監視盤に立体的に表した三次元画面表示の例である。

【図20】本発明にかかる注入管理装置の他の一具体例であって、第1注入ブロックおよび第2注入ブロックにそれぞれ注入する例のフローシートである。

【図21】図20に用いられる細管17(T)を結束した注入管路の位置具体例の断面図である。

【図22】注入液の流量qと注入圧力Pとの関係を表したグラフである。

【図23】本発明にかかる注入工程の一具体例を表した説明図である。

【図24】本発明にかかる注入工程の他の具体例を表した説明図である。

【図25】本発明にかかる注入管理装置の注入液加圧部および注入液分配部における他の具体例を表した説明図

である。

【図26】本発明にかかる注入管理装置の注入液加圧部における他の具体例を表した説明図である。

【図27】シリカ溶液を用いた注入液の導電率変化を表したグラフである。

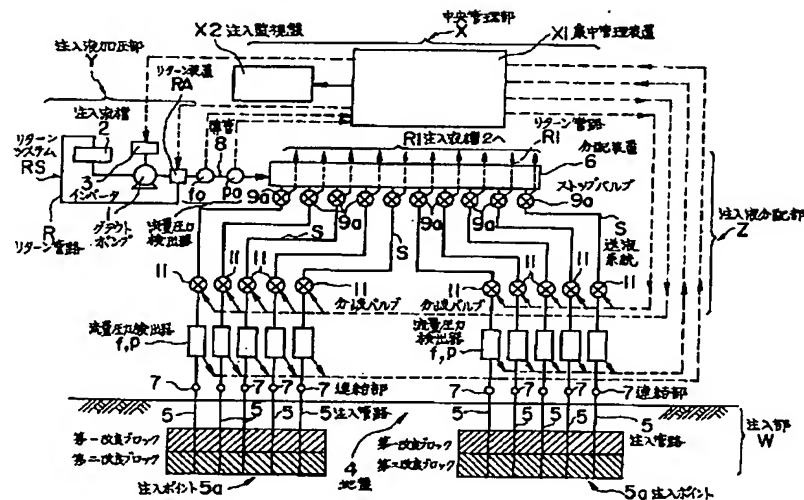
【図28】公知の注入管理装置を表した説明図である。

【符号の説明】

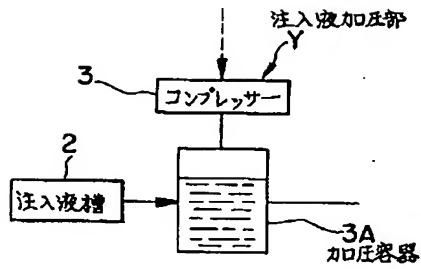
- 1 グラウトポンプ
- 2 注入液槽
- 3 インバータ
- 4 地盤
- 5 注入管路
- 5a 注入ポイント
- 6 分配装置
- 7 連結部
- 8 導管
- 9 ストップバルブ
- 9a ストップバルブ
- 10 流量圧力制御装置
- 11 分岐バルブ
- 12 シヤフト

- 13 リバーシブルモータ
- 14 開始スイッチ
- 15 ランプ
- X 中央管理部
- X1 集中管理装置
- X2 注入監視盤
- X3 日報作成装置
- X4 プリンタ
- X5 施工表示盤
- Y 注入液加圧部
- RS リターンシステム
- RA リターン装置
- R リターン管路
- f0 流量検出器
- P0 圧力検出器
- Z 注入液分配部
- S 送液系統
- f 流量検出器
- P 圧力検出器
- W 注入部

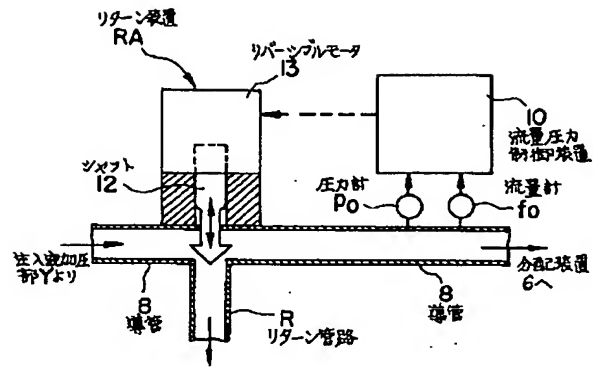
【図1】



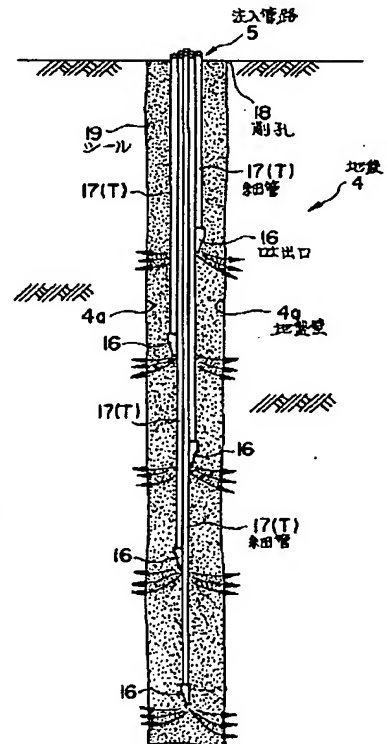
【図2】



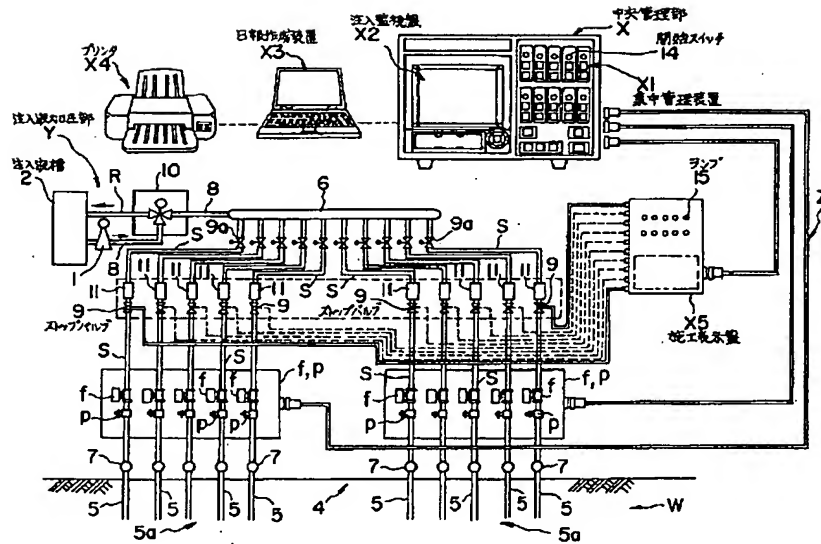
【図8】



【図21】

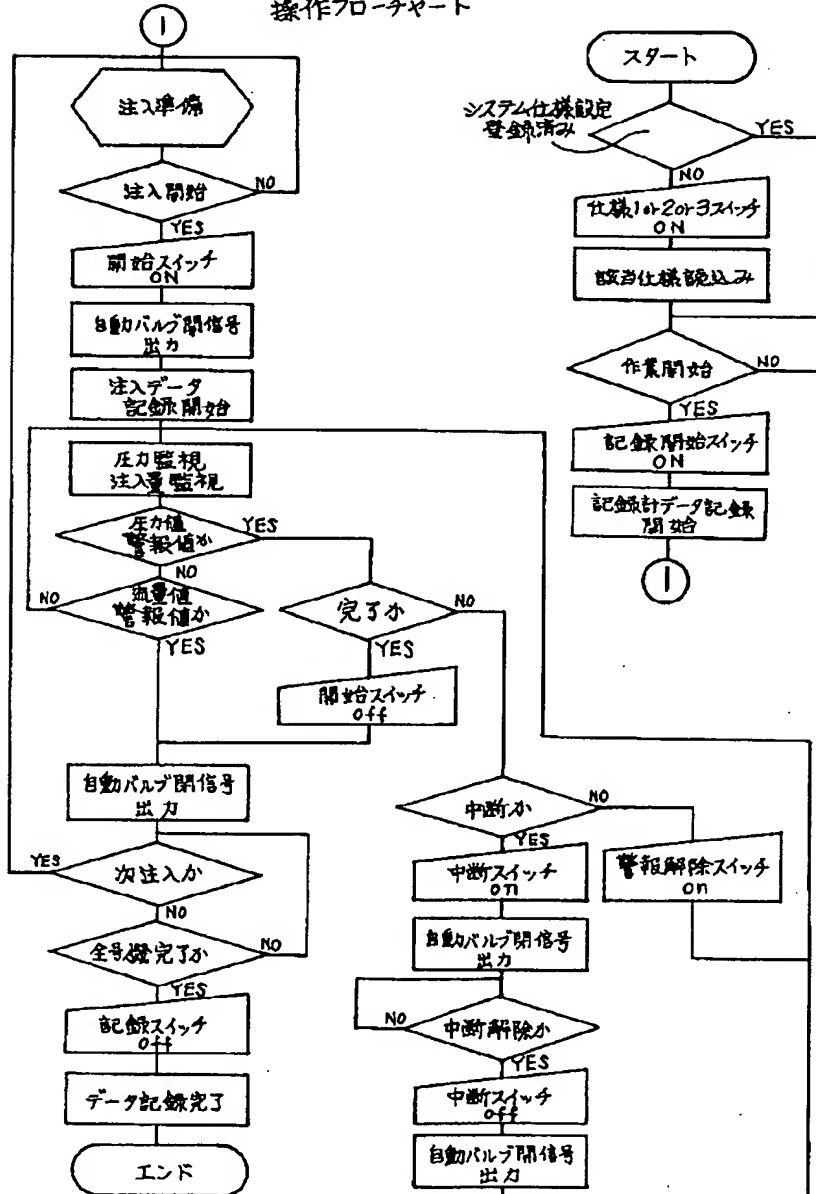


【図3】

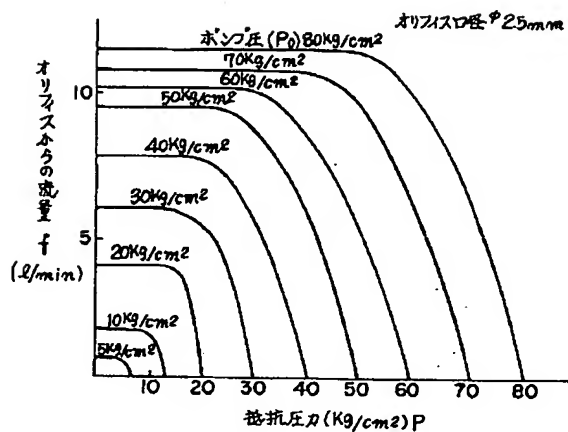


【図4】

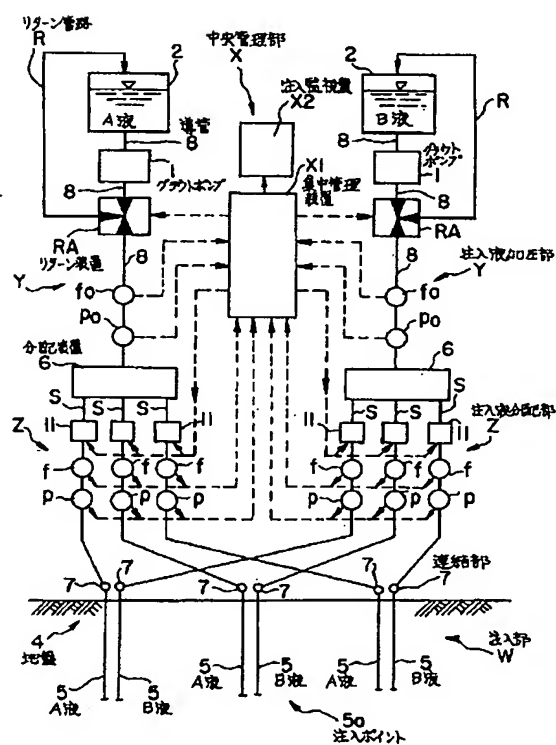
集中管理装置
操作フローチャート



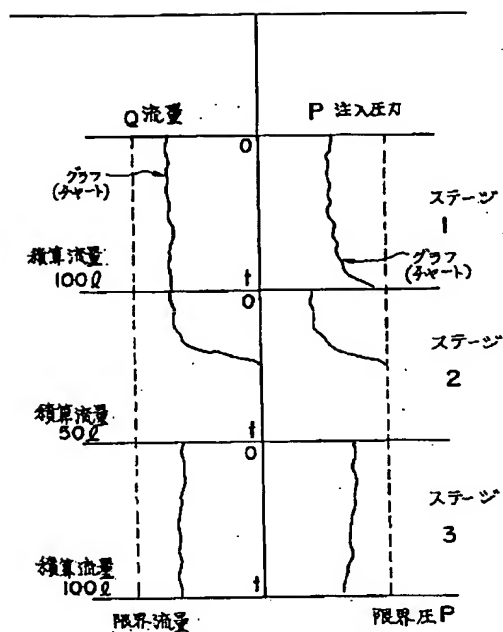
【圖 6】



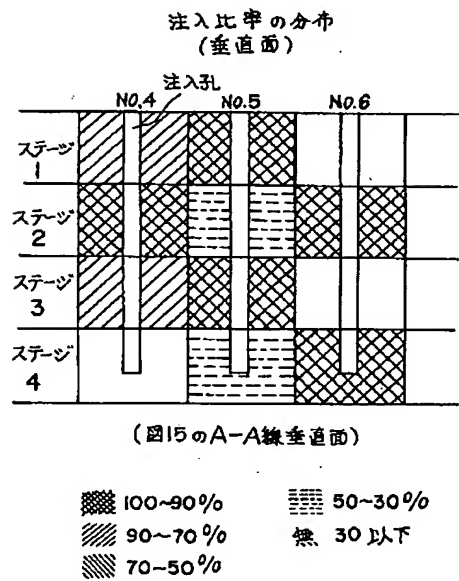
【圖 10】



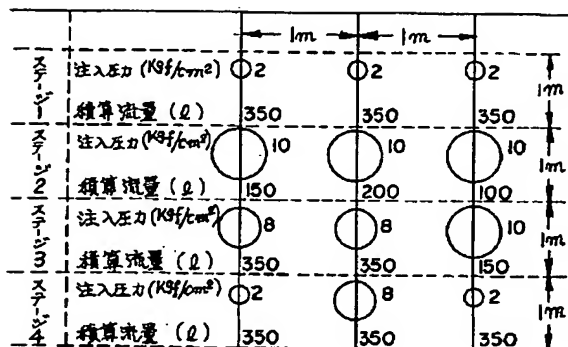
【图 14】



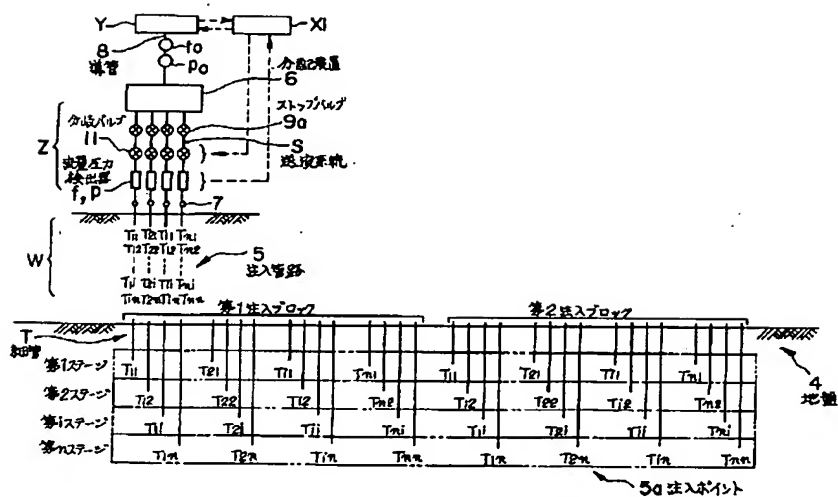
【图 16】



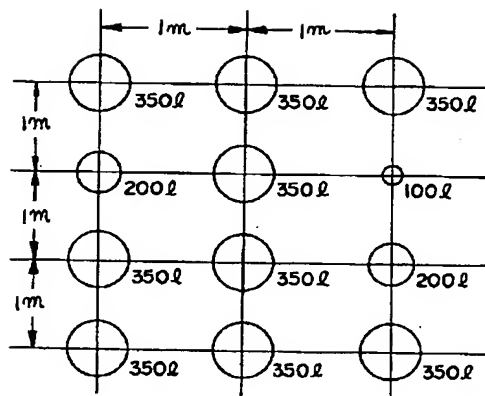
【图 17】



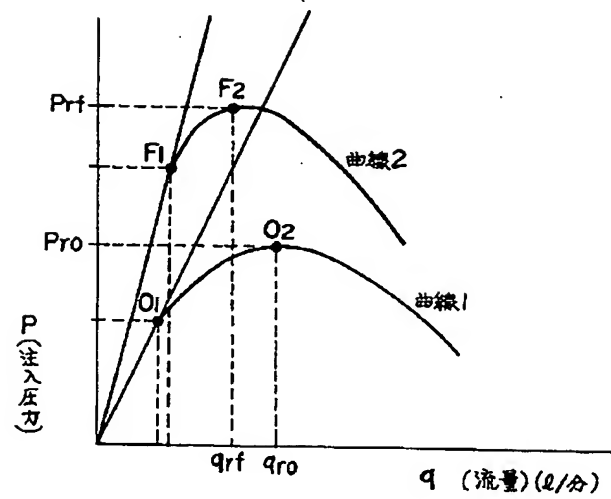
【図 20】



【图 18】

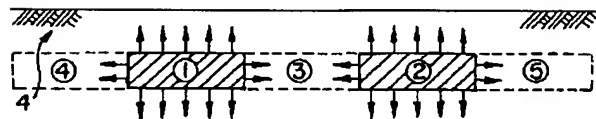
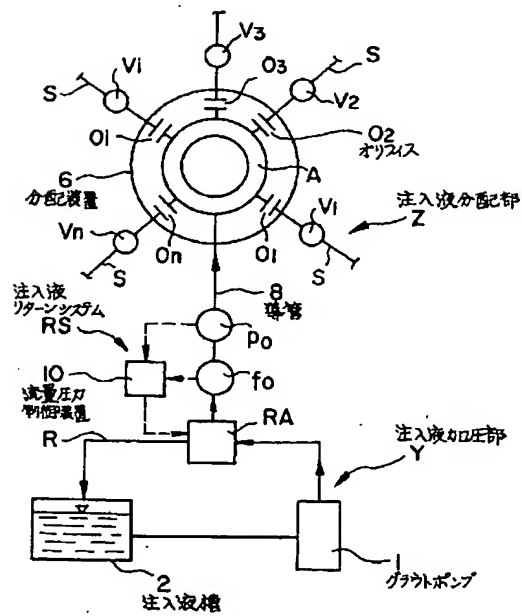


【图 2 2】

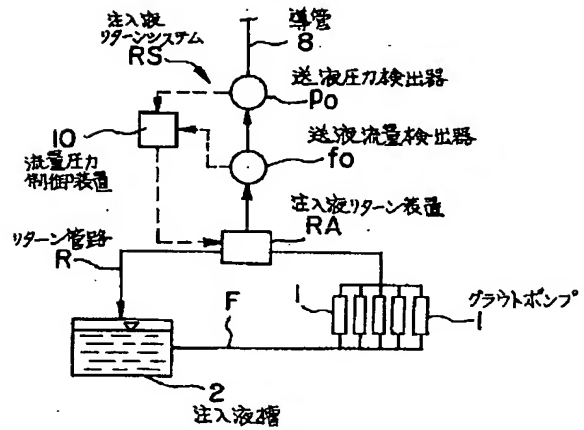


【图 2 3】

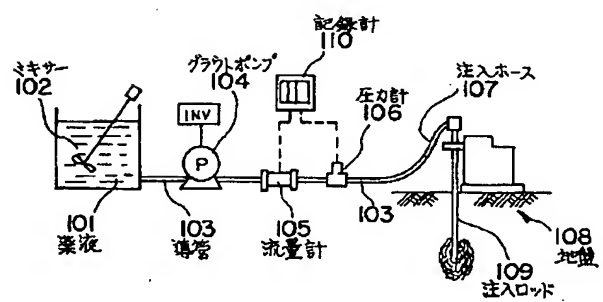
【图 25】



【圖 26】



【圖 28】



フロントページの続き

(72) 発明者 矢口 完洋
東京都北区赤羽南 2-4-7-307 原工
業株式会社内

Fターム(参考) 2D040 AA00 AB01 CA02 CA10 CB03
CD03 CD08 CD09 DA02 DA12
DC01 DC02 FA08 FA09